

**Česká zemědělská univerzita v Praze**

**Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů**

**Katedra chovu hospodářských zvířat**



**Fakulta agrobiologie,  
potravinových a přírodních zdrojů**

**Využití automatizovaných systémů v chovu dojeného skotu**

**Bakalářská práce**

**Michala Klabanová**

**Obor studia: Chov hospodářských zvířat**

**Vedoucí práce: Ing. Jaromír Ducháček, Ph.D.**

### **Čestné prohlášení**

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci "Využití automatizovaných systému v chovu dojeného skotu" jsem vypracovala samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autorka uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušila autorská práva třetích osob.

V Praze dne 24.4.2024

## **Poděkování**

Ráda bych touto cestou poděkovala Ing. Jaromíru Ducháčkovi, Ph.D., za ochotu, trpělivost, odbornou pomoc a cenné připomínky při vedení mé práce. Poděkování patří i mé rodině, přátelům a kolegům za jejich podporu.

# Využití automatizovaných systémů v chovu dojeného skotu

## Souhrn

Formou literárního přehledu jsou popsány nejmodernější systémy v chovu dojeného skotu. První kapitola se věnuje automatizaci krmení pomocí samohodného krmicího vozu a přihrnovačů krmiva. Ve druhé kapitole jsou popsány automatizované systémy v dojení, důraz je kladen na robotickou dojírnu a dojícího robota. Třetí kapitola je zaměřena na automatizované systémy, které napomáhají chovateli sledovat zdravotní stav, evidenci denní aktivity dojnic a umožňují tím včasné odhalení říje, případně nemoci. Těmito systémy mohou být například aktivometry, nebo akcelometry pro sledování příjmu krmiva, přežvykování a bolusy pro snímání pH v bacheru. V následující kapitole jsou popsány technologie ustájení dojnic. Šestá kapitola je věnována automatizaci mikroklimatu ve stáji, kam patří například ventilátory a ochlazovače vzduchu, které jsou užitečné ke snížení tepelného stresu. A poslední kapitola se zabývá vybavením stájí ke zlepšení welfare dojnic.

Z literárního přehledu vyplývá, že automatizace je moderní potřebný nástroj v chovu dojeného skotu. Nejnovější možné automatizované systémy vedou k docílení vyšší produkce, lepší kontrole a přehledu o dojnicích. Zároveň automatizace pomáhá ke zlepšení welfare a usnadňuje chovatelům práci. Automatizované systémy snižují výskyt onemocnění, umožňují včas detekovat onemocnění a tím pádem i prodloužit život zvířatům. Nedílnou součástí automatizovaných systému je, že chovatel může mít nad zvířaty kontrolu 24 hodin denně, aniž by byl neustále přítomen ve stáji.

Podle mého názoru mají automatizované systémy důležitou roli, již teď a v budoucnu to bude stejné. Robotické systémy zastanou stejnou práci jako lidi a pro chovatele bude jednodušší pořídit si robota než zaměstnat nekvalifikované lidi bez zájmu o problematiku.

**Klíčová slova:** robotické stáje, robotické dojírny, automatizace, aktivometr, mikroklima stáje

# Use of automated systems in dairy cattle breeding

## Summary

The most modern systems in dairy cattle breeding are described in the form of a literature review. The first chapter is devoted to the automation of feeding by means of automated feeding wagons and feeders. The second chapter describes automated systems in milking, with emphasis on the robotic parlour and the milking robot. The third chapter focuses on automated systems that help the farmer to monitor the health status, record the daily activity of dairy cows and thus allow early detection of estrus or disease. These systems may include, for example, activometers or accelerometers for monitoring feed intake, rumination and boluses for sensing rumen pH. The following section describes the housing technologies for dairy cows. The sixth chapter is devoted to automation of the microclimate in the barn, which includes, for example, fans and air coolers that are useful to reduce heat stress. And the last chapter deals with barn equipment to improve dairy cow welfare.

The literature review shows that automation is a modern, necessary tool in dairy cattle farming. The latest possible automated systems lead to higher production, better control and overview of dairy cows. At the same time, automation helps to improve welfare and makes the work of breeders easier. Automated systems reduce the incidence of disease, enable early detection of disease and thus extend the life of animals. An integral part of automated systems is that the breeder can have control over the animals 24 hours a day without being constantly present in the barn.

In my opinion, automated systems have an important role, already now and in the future it will be the same. Robotic systems will do the same work as humans and it will be easier for breeders to get a robot than to employ unqualified people with no interest in the subject.

**Keywords:** robotic stables, robotic milking parlours, automation, activity meter, stable microclimate

## Obsah

<b>1 Úvod.....</b>	<b>8</b>
<b>2 Cíl práce .....</b>	<b>9</b>
<b>3 Automatizace v krmení a napájení.....</b>	<b>10</b>
3.1 Míchací krmící vůz .....	10
3.2 Automatické přihrnovače krmiva.....	13
3.2.1. Vliv přihrnování krmiva .....	14
3.3 Přikrmování dojnic v dojícím boxu.....	15
3.4 Automat na mléko pro telata .....	15
<b>4 Automatizace v dojení.....</b>	<b>16</b>
4.1 Robotické dojírny .....	16
4.2 Dojící robot .....	17
4.3 Senzory zabudované v AMS .....	18
4.4 Výhody a nevýhody robotického dojení .....	19
<b>5 Automatické detektory říje, přežvykování a pH bachoru.....</b>	<b>21</b>
5.1 Pedometr .....	21
5.2 Akcelometr .....	22
5.3 Senzory pro sledování pH bachoru .....	24
5.4 Monitoring příjmu krmiva a přežvykování .....	26
5.5 Monitoring pozice dojnice .....	27
5.6 Monitoring tělesné kondice dojnic.....	28
<b>6 Technologie v ustájení Boxové lože .....</b>	<b>30</b>
6.1 Možnosti boxových loží .....	30
6.2 Podlahy.....	31
6.3 Robotický systém na vyhrnování výkalů .....	32
6.4 Nastýlací robotická technologie.....	33
<b>7 Mikroklima ve stáji.....</b>	<b>34</b>
7.1 Ventilace .....	35
7.2 Odvod stájových plynů .....	37
7.3 Zvlhčovače vzduchu.....	38
7.4 Osvětlení .....	38
<b>8 Další vybavení stáje.....</b>	<b>39</b>

8.1	Vany pro koupele paznehtů.....	39
8.2	Drbadla.....	40
8.2.1	Elektrická drbadla .....	40
8.2.2	Stacionární kartáče.....	41
<b>9</b>	<b>Závěr.....</b>	<b>42</b>
<b>10</b>	<b>Literatura.....</b>	<b>44</b>

## 1 Úvod

Digitalizace je nedílnou součástí moderního zemědělství. Pro různé druhy zvířat je k dispozici několik digitálních technologií, které tvoří základ precizního chovu hospodářských zvířat (Groher et al. 2020). Nejnovější inovace v chovu dojnic, přináší usnadnění práce zaměstnancům a chovatelům krav. Pomáhají zemědělcům činit lepší rozhodnutí, změnit jejich role a perspektivy jako farmářů a manažerů a umožní sledování a monitorování kvality produktů a dobrých životních podmínek zvířat. Zemědělci mohou zlepšit produktivitu, udržitelnost a péči o zvířata tím, že hlouběji porozumí využíváním technologiím a systémům v důsledku zvýšeného využívání dat generovaných inteligentním zemědělským vybavením. Automatizace a roboti v zemědělství mají potenciál hrát významnou roli v pomoci společnosti splnit její budoucí požadavky na dodávky potravin. Tyto technologie již umožnily výrazné snížení nákladů ve výrobě, ale i snížit množství ruční práce, zlepšení kvality produktů a zlepšení environmentálního managementu (Džermeikaite et al. 2023).

Na mléčných farmách mezi inovace můžeme zařadit různé nejnovější technologie pro zvýšení mléčné užitkovosti, pro kontrolu zdravotního stavu dojnic a zlepšení životních podmínek. Mezi nejznámější technologie v dojení patří dojící robot a nyní již i robotické dojírny. Inovace v krmení dojnic může spočívat v různých částech. Existuje automatický samochodný krmicí vůz, který dokáže krmení namíchat dle předpisu a pak rozvést dojnicím na žlab. Další známou věcí je automatický přihrnovač krmiva, který zajišťuje, že mají dojnice neustále krmivo k dispozici.

Mezi další již známé technologie patří pedometry, aktivometry a senzory v bachoru. Tyto technologie napomáhají chovatelům při řízení managementu reprodukce, při posouzení zdraví dojnic a sledování krav za účelem detekce a prevence nemocí. Nejnovější technologie zahrnují senzory v reálném čase, které shromažďují data od krav pomocí nositelných chytrých obojků.

Zajímavou automatickou technologií pro zlepšení pohodlí je robot pro vyhrnování výkalů a na zastýlání boxových loží. Tito roboti pomáhají chovatelům udržet ve stáji čistotu, kterou dojnice potřebují. Mezi další inovaci je možné zařadit řízené osvětlení a automatické koupací vany na paznehty. A v neposlední řadě je důležité mikroklima, které již může být, řízené pomocí nejnovější technologie pro automatické sledování teploty ve stájích.



## **2 Cíl práce**

Automatizace je moderní a potřebný nástroj v chovu dojeného skotu. Cílem práce proto bylo formou literárního přehledu popsat běžně využívané automatické systémy v chovu dojeného skotu. Důraz byl kladen jak na moderní prvky v dojení, tak i na řízení mikroklimatu a welfare dojnic. Dílčím cílem práce byl i potenciální nástin vývoje automatizace v chovu dojnic do budoucnosti.

### 3 Automatizace v krmení a napájení

Bohužel příjem vody u dojnic je v moderních mléčných farmách málokdy považován za potenciální limitující faktor produkce mléka. Přes pozornost věnovanou ostatním živinám není dostatečně zohledněno množství a kvalita vody (Beede 2005; Cardot 2008).

Dojnice musí přijmout velké množství vody pro výrobu mléka. Množství, které kráva přijme závisí do značné míry na okolní teplotě, krmné dávce, dojivosti, teplotě a čistotě vody. Většina dobytka běžně spotřebuje 3 až 4 jednotky vody na každou jednotku suchého krmiva. Příjem vody přímo souvisí s příjmem sušiny, tj. zvýšená spotřeba sušiny zvýší spotřebu vody a naopak (Banerjee 2009; Ali et al. 2015).

Kromě vody je důležité i technologie krmení a správná krmná dávka. V posledních desetiletí mnoho farmářů aktivně posouvali své farmy směrem k automatizaci. Dávkovače koncentrátu a automatické dojící systémy se používají již léta, ale několik výrobců zavedlo i automatické krmné systémy (AFS). AFS umožňují zvýšení frekvence distribuce krmiva s významnými výhodami z hlediska zdraví a produkce. Kromě toho poskytují snížení lidské práce související s přípravou krmiva, distribucí a přibližování krmné dávky na krmný žlab (Da Borso et al. 2017).

Řízené krmení v moderních mléčných farmách je důležité, jak ekonomicky, tak i technologicky, stejně jako zájem o pohodlí a welfare dojnic (Mattachini et al. 2019).

Nejmodernější technologie krmení umožňuje automatickou distribuci základní krmné dávky nebo směsi pomocí pásových dopravníků, kolejnicových systémů nebo systému samohybných krmných robotů. Výrobci tvrdí, že automatické krmení výrazně snižuje pracovní zátěž, zlepšuje hygienu krmení a snižuje ztráty krmiva (Grothmann et al. 2010).

#### 3.1 Míchací krmící vůz

Používání míchacích krmných vozů (MKV) výrazně snižuje potřebu lidské práce, šetří čas a umožňuje celý proces krmení mechanizovat a přesně řídit. MKV jsou vyráběny s různou konstrukcí podvozku podle energetického zdroje: návěsné či přívěsné, které potřebují externí energetický zdroj (traktor) nebo jsou samojízdné (Ježková 2020).

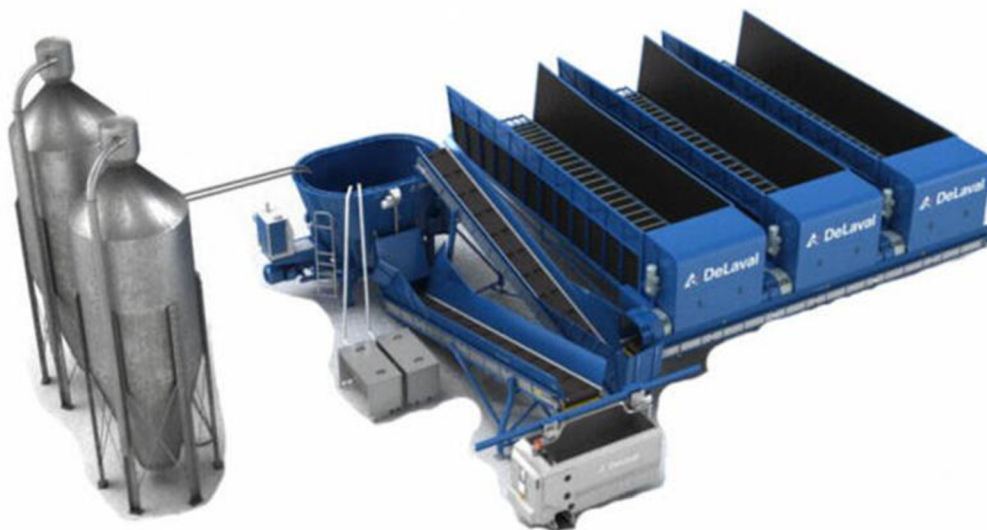
Samojízdné MKV jsou vybaveny vlastní pohonnou motorovou jednotkou, práce s nimi je lehčí, pohodlnější a komfortnější, jsou snadno říditelné. Nejčastěji jsou využívány na farmách s velkým počtem zvířat a s většími přejezdy mezi jednotlivými stájovými objekty. Některé MKV, jejichž součástí je nakládací jednotka, jsou schopné vykonávat více technologických operací týkajících se přípravy a distribuce krmné dávky, to znamená, že jsou schopny krmivo odebrat ze skladovacího prostoru a naložit do míchací části vozu. U MKV bez nakládací jednotky musí nakládání zabezpečit externí stroj (např. nakladač). Jednotlivé nakládané komponenty tvořící krmnou dávku jsou MKV schopny také zvážít a v případě potřeby pořezat, zamíchat a přepravit z místa nakládání do místa vyložení na krmný žlab (Ježková 2020).

Použití senzorů a počítačů vybavených softwarem pro správu stáje dojnic usnadňuje vývoj krmného systému směrem k implementaci zařízení, které by bylo spolehlivější, šetrnější ke zvířatům a které by snížilo pracovní vstupy farmáře. Míchání a krmení krmiva (v současnosti prováděné farmářem) při vývoji elektronického zařízení a celých počítačově řízených linek lze nyní nahradit plně robotizovaným zařízením (Wardal et al. 2021).

Automatizované stáje vybaveny roboty pro krmení TMR jsou stroje řízené počítačem, které sbírají jednotlivé složky krmné dávky a po jejich smíchání dodávají krmivo na krmný stůl. Po naprogramování skupin v počítači (jako je například počet zvířat ve skupině, množství krmiva na zvíře, krmné směsi, podíl jednotlivých složek v krmivu, kukuřice, senáž a krmný koncentrát) a časů krmení, si robot řídí automaticky celý proces podávání. Výdej TMR na krmný stůl funguje také zcela automaticky, dávkuje krmivo podle naprogramovaného denního cyklu krmení (Mazur et al. 2024).

Přesné řízení krmení a vážení s přesným míchaním zajišťuje například program cow connect. Snadno se do programu zadají krmné dávky a spolehlivě a rychle reaguje na změny v KD. Zároveň přináší chovatelům denně zprávy o příjmu krmiva a dokáže precizně monitorovat množství zbytků. Program je možné propojit s dojírnou a získat tak údaje o jednotlivých skupinách krav o doživosti, účinnosti krmiva, příjmu krmiva a nákladech na něj. Program umožňuje neomezený přístup ke KD od majitele, zootechnika, popřípadě výživového poradce a je kompatibilní se všemi značkami krmných vozů. Většinou je původní váha nahrazena moderním 8“ nárazuvzdorným tabletem umístěným v kabině traktoru či samochodu (Bodit Tachov s.r.o. 2021).

Automatické krmné systémy (AFS) obsahují násypku krmiva, míchací jednotku a distribuční vůz (příklad AFS je zobrazen na obrázku 1.) (Pezzuolo et al. 2016). Nebo se mohou skládat jen z přípravný krmiva a distribučního vozu (Vaculík & Smejtková 2019). Tento krmný systém je zavěšen na nadzemní kolejnici a samostatně jezdí podle určené dráhy. Je poháněn elektromotory a nabízí možnost měnit krmnou dávku dle potřeby (Pezzuolo et al. 2016).



Obrázek 1. Automatický krmný systém AFS (DeLaval 2024d).

Je známo, že první automatický krmný systém představila společnost Valmetal. Robotický systém byl plně řízen průmyslovým počítačem (PLC) schopným samostatně formulovat a koordinovat veškeré zemědělské vybavení mléčné farmy. Do dnešního dne je

Valmetal společností s největším počtem automatizovaných krmných systémů. Systém se skládal z ovládacího panelu, z dotykové obrazovky, vážicího systému a dalšího potřebného vybavení pro dopravu krmiv (Karn et al. 2019).

V roce 1993 Pellon představil svého prvního krmného robota, který přesně dávkoval koncentrované krmivo. Následně představil kombinovaného robota, který dokázal zvážit koncentrované krmivo, ale i určit kvalitu krmiva. Ovšem nejnovějším krmným systémem Pellon je Feedline automatický systém. Tento systém má vlastní systém Pellon Graphics, který není závislý na počítačové grafice nebo internetu (Karn et al. 2019).

Automatizovaný systém od Lely jako první představila farma vlastněná Frankem Murphym. Kde ke sledování trasy systému byl použit ultrazvukový senzor (HC-SR04). Systém zahrnoval jediný řídicí systém připojený ke krmnému vozu, prostřednictvím komunikační linky. Pomocí komunikační linky byla propojena krmná místa jedno za druhým. Aby tento komunikační systém fungoval, musí mít dostatečný pneumatický zdroj síly (Karn et al. 2019).

Nyní nejnovější robotický krmný systém od firmy Lely Vector se skládá ze dvou hlavních částí, kterými je příprava krmiva a krmný vůz. Na začátku celého procesu krmení je nutné zajistit rovné bloky objemného krmiva ve stanoveném množství. Zajištění objemných krmiv se provádí obvykle každé 2-3 dny. Při používání koncentrátů a krmných doplňků je také nutné kontrolovat jejich zásoby. Množství jednotlivých složek krmiva, trasa krmného vozu a frekvence opakování krmení je nastavena do systému krmného vozu. Vůz v určených časech projíždí stáji a zakládá krmivo na krmný žlab (Vaculík & Smejtková 2019).

Systém Lely Vector funguje 24 hodin denně, rozpoznává, kdy a kde je potřeba čerstvé krmivo, a tam ho dodá. Čidlo výšky krmiva je pokročilou funkcí, která měří přesné množství krmiva na krmném stole. Určuje, kde a kdy je potřeba čerstvé krmivo, aniž by k tomu byl potřeba zásah farmáře nebo řídicího pracovníka. Systém může rovněž přihrnovat krmivo mezi časy krmení a současně měřit množství zbývajících krmiva (Lely Vector 2024).

Pokud je množství krmiva pod nastavenou úrovní, vůz se vrátí do přípravy krmiva a nabere další krmnou dávku. Vůz je řízen elektronikou díky, které dokáže přesně zvážit jednotlivé složky krmné dávky (KD). Když je KD důkladně promíchaná vrací se robot do stáje a rovnoměrně chybějící krmivo doplní. Takto funguje automaticky 24 hodin denně. Hlavním principem tohoto vozu je doplňování čerstvého krmiva po malých dávkách, které jsou dojnice schopny přijmout, tedy i minimální degradaci krmiva na žlabu (Vaculík & Smejtková 2019).

Autonomně řízený krmný robot (DairyFeed F4500) od firmy GEA, který je zobrazen na obrázku 2, napomáhá chovatelům k automatizaci a digitálnímu řešení pro udržitelnější produkci mléka. Nový krmný robot je navržen tak, aby pomohl mléčným farmám snížit jejich uhlíkovou stopu a provozní náklady a zároveň zvýšil flexibilitu. Robot využívá inovativní senzorovou technologii ke snížení plýtvání krmivem na minimum, což šetří čas, peníze a přírodní zdroje. Robot funguje pomocí elektřiny a může být dobíjen ekologickým způsobem pomocí obnovitelných energií. Pro jeho instalaci není nutná žádná velká rekonstrukce na farmě a boxy se zásobou krmiva lze také snadno umístit podle potřeby. Jeho instalace zahrnuje také automatické mapování farmy pomocí laserových skenerů, včetně definice referenčních bodů a trasy jízdy. Jakmile jsou boxy s krmivem vhodně naplněny, robot provede veškerou zbývajících práci. Přesně zváží optimální směs pro každou skupinu zvířat včetně přísad, smíchá je a krmí je v požadovaných časech. Dokonalá směs, velikost porce a frekvence krmení nakonec zlepšují výkon, stejně jako dobré životní podmínky a zdraví krav. Zároveň snižuje uhlíkovou stopu,

protože vysoce výkonné dojnice vypouštějí méně metanu díky optimální dávce. Pomocí senzorů robot dokáže změřit zbytky, zhodnotit kvalitu a složení krmiva, což umožňuje automatické úpravy postupů podávání a hlášení. Robot má možnost propojení se systémem řízení stád GEA DairyNet a lze jej pohodlně sledovat a ovládat z mobilních zařízení v reálném čase. Kromě toho, že poskytuje zemědělským podnikům maximální flexibilitu v jejich pracovních procesech, činí také práci zemědělce atraktivnější s lepší rovnováhou mezi pracovním a soukromým životem (Ježková 2022).



Obrázek 2. Autonomní robot od formy GEA (Ježková 2022).

### 3.2 Automatické přihrnovače krmiva

Pracovní síla je poměrně často omezujícím faktorem při udržování krmiva v dosahu krav po celý den a noc. Na základě tří desetiminutových přihrnovacích jízd každý den automatický přihrnovač ušetří nejméně 180 hodin práce ročně. To je více než měsíční mzda. Automatická přihrnovací zařízení mohou navíc kromě výše zmiňovaných pozitiv zajistit ve stáji také větší klid, čistější krmný stůl a flexibilitu časových intervalů průjezdů. Mají také možnost dálkové kontroly pomocí PC, tabletů či telefonů. Výběr krmných přihrnovacích zařízení je velký a je jen na chovatelích, kterou formu přihrnování zvolí (Prýmas 2017b).

Mezi nejznámější automatické přihrnovače patří například Lely Juno. Lely Juno je samostatný stroj, tudíž úpravy stáje jsou vyžadovány zcela výjimečně a lze jej tedy použít téměř ve všech typech stájí. Lely Juno si snadno poradí se všemi typy krmných stolů, takže je vhodný pro všechny typy stájí. Dokonce i pro stáje s úzkou krmnou chodbou. Lely Juno pracuje v krmné chodbě, což je snadno přístupná část stáje. Bezpečnost má zásadní význam, a proto je přihrnovač krmiva vybaven detektorem nárazu. Tím je zajištěno, že se přihrnovač zastaví, jakmile narazí do překážky. Nabíjecí stanice, která může být instalována na stěnu nebo podlahu v krmné chodbě slouží jako výchozí bod odjezdu a příjezdu pro každou trasu přihrnování. Juno se jednoduše a snadno nabíjí a extrémně energeticky úsporný motor vyžaduje pouze 102 kWh za rok. To ušetří spoustu nákladů na pohonné hmoty ve srovnání s traktorem nebo lopatou a má to pozitivní vliv na emise CO<sub>2</sub> ve stáji. Přihrnovač se automaticky pohybuje podél krmného stolu, kde sleduje či kopíruje šíjovou zábranu. V důsledku tření se otáčí přihrnovací sukně ve spodní části stroje a posouvá krmnou směs směrem ke kravám. Těžký ocelový blok tvoří „tělo“ přihrnovače a zajišťuje, že stroj má dostatečnou hmotnost pro přihrnování krmiva. Krmivo není

nikdy rovnoměrně rozprostřeno po celém krmném stole. Díky chytrému softwaru na tom nezáleží. Pro každou trasu je možné nastavit minimální vzdálenost od šíjové zábrany, četnost přihrnování a typ krmiva každé skupiny. Na základě těchto údajů software určuje správnou úroveň odporu a sílu přihrnování. Na základě množství krmiva v určitém místě Juno automaticky upravuje optimální vzdálenost k šíjové zábraně. Tím Juno zajistí, že se krmivo přihrnuje správně po celé délce krmného stolu (Lely Juno 2023).



Obrázek 3. Přihrnovač krmiva (Lely Juno 2023).

Firma DeLaval též nabízí stroje a zařízení pro chov dojeného skotu. Patří k nim právě i robotický přihrnovač krmiva OptiDuo, který krmivo založené na krmném stole nejen přihrnuje, ale současně i promíchává a činí jej pro krávy atraktivnější. Podle obchodního manažera Ing. Pavla Kupky, přihrnovač OptiDuo zajišťuje, aby během přihrnování nedocházelo ke stlačování krmiva. Promícháním krmné dávky se docílí zvýšení příjmu sušiny krmiva a při minimální separaci krmení se snižuje množství zbytků, což se pozitivně odráží ve výši produkce, ale i úspoře času. Robotický přihrnovač krmiva OptiDuo se automaticky spouští, projíždí a vrací se k nabíjecí stanici. O rovnoměrné přihrnování krmiva se stará dvojitě spirálové rotační ústrojí, které nenaruší vlákninu objemné píce. Tento systém dokáže automaticky pracovat s různým množstvím i typy objemného krmiva, ať už se jedná o TMR, slámu, seno nebo čerstvou píci. DeLaval OptiDuo lze vybavit také dávkovačem na jadrné krmivo. Účelem je zvýšení příjmu objemného krmiva díky malému množství koncentráту, kterým se krmná dávka „pocukruje“ (Baloun 2019).

### 3.2.1. Vliv přihrnování krmiva

V novější pozorovací studii robotických stád (Siewert et al. 2018) autoři uvedli, že farmy s automatickým přihrnováním krmiva produkovaly o 352 kg více mléka/AMS a o 4,9 kg více mléka/krávu za den než farmy, které přihrnovali krmivo ručně. Dá se předpokládat, že tento efekt nelze přímo připsat použití automatického přihrnovače krmiva, ale spíše to, že farmy používající takové automatizované zařízení měly konzistentnější přihrnování krmiva, a tedy stálý přístup ke krmivu než ty, které přihrnovali krmivo ručně. V situacích, kdy se ruční přihrnování provádí důsledně a často, by mělo být dosažitelné stejných výsledků (DeVries 2019).

### 3.3 Příkrmování dojníc v dojícím boxu

V konvenčních stádech dostávají dojnice všechny živiny z TMR. Zatímco ve stádech s robotickými dojícími systémy (AMS) dostávají dojnice část krmiva během dojení. Krmení v AMS napomáhá k přilákání krav do systému dojení. Krmení v AMS zároveň umožňuje možnost dojit častěji a krmit krávy přesněji a podle jejich individuální potřeby, což může vést k ziskovějšímu produkčnímu systému. Na druhou stranu krmení v dojícím boxu je spojeno s mnoha problémy. Například krmení škrobnatými krmivy ve velkém množství může narušit bachorovou fermentaci nebo změnit chování při krmení po dojení, zatímco zkrmování krmiva s vysokým obsahem vlákniny koncentrátů může ohrozit celkový příjem energie a omezit dojivost. Nicméně AMS (a některé dojírny, zejména rotační) nabízejí možnost krmit krávy podle odhadů jejich individuální potřeby živin, kombinací různých krmiv v reálném čase. S cílem maximalizovat zisk řízením výživy každé jednotlivé dojnice (Bach & Cabrera 2017).

Robot funguje tak, že do boxu vstoupí kráva (zavřou se za ní zadní dvířka) a pomocí transpondéru nebo aktivitmetru proběhne nejprve její identifikace a prověření, zda má být dojena. Pokud tomu tak není, otevřou se přední dvířka a kráva je vypuštěna ven. Pokud může být dojena, dostane přidělenou poměrnou dávku koncentrovaného krmiva (Doktorová et al. 2011).

### 3.4 Automat na mléko pro telata

Počet telat chovaných ve skupinách se zvyšuje. Pokud jsou telata chována v malých skupinách, mohou být krmena z věder s „cucáky“ nebo bez „cucáků“. Nebo jsou krmena z malých nádob spojených s „cucáky“ hadičkami. Ve velkých skupinách je nejjednodušším řešením ad libitní krmení z nádob s „cucáky“ nebo z automatických krmítek. V poslední době se stále častěji používá počítačově řízený systém krmení mléka (Hepola 2003).

Využívání mléčných krmných automatů při odchovu telat může pomoci řešit nedostatek pracovních sil. Nekvalifikovaní pracovníci a časté střídání ošetřovatelů významně narušuje kvalitu a kontinuitu ošetřovatelské práce. Porušováním zásad správné chovatelské praxe se u telat projevuje jednak vyšší morbiditou a mortalitou, sníženou užitkovostí a také vyšší brakací.

Počítačem řízené automatizované systémy krmení telat jsou navrženy pro míchání, ohřívání a dodávání tekuté stravy telatům, ustájeným v období před odstavem ve skupinách. Jejich využívání s sebou ovšem nese i určitá rizika spojená především se skupinovým ustájením (Jedlička 2020).

Dobré produkční výsledky byly získány ve velkých skupinách s ad libitním krmením mlékem, ale mohou nastat problémy, zejména při odstavu telat. Když telata dostávají mléko ad libitum, jedí obvykle málo koncentrátů, což může vést k opoždění růstu po odstavu (Hepola 2003).

Například napájecí automat pro telata DeLaval pečuje o telata tak, jako by to byla jejich vlastní matka. Pomalé a dlouhodobé snižování dávek mléčného nápoje vede k dobrému vývinu předžaludků telat na řádného přežvýkavce bez negativního ovlivnění jejich růstu. V tomto procesu je velmi důležitý správně řízený a prováděný odstav. Napájecí automaty mnohonásobně zvyšují produktivitu práce. Napájecí automat slouží jako "mléčný bar", který připravuje každému teleti naprogramované čerstvé porce smíchané z mléčné krmné náhražky

(směsi), z nativního mléka nebo z mixu nativního a sušeného mléka, a to vždy ve správné koncentraci a o stejné teplotě. Díky přesnému dávkování porcí a dřívějšímu odstavu lze úspěšně snížit náklady na krmivo. Výrazně se snížila četnost nežádoucího křížového sání, protože tele má mléko k dispozici po celý den a v malých dávkách. Snížují se nároky na pracovní sílu: mléko se nemusí ohřívat a míchat ručně, a proto je organizace práce při použití této technologie na farmě mnohem jednodušší (DeLaval 2024a).

## **4 Automatizace v dojení**

Zavedení automatického dojícího systému (AMS) je jednou z nejdůležitějších technologických změn v ustájení dojníc. Systém lze považovat nejen za náhradu původních systémů dojíren, ale i za nový přístup k řízení mléčných farem. Původně byl zájem o tuto technologii závislý na rostoucí ceně práce, půdy, budov a strojů v kombinaci s poklesem cen mléka (Chiumenti et al. 2018).

Termín AMS se vztahuje k systému, který automatizuje všechny funkce procesu dojení a řízení krav prováděné při konvenčním dojení s kombinací ručních a strojních systémů. První komerční jednotka byla instalována v Nizozemsku v roce 1992. V roce 2017 bylo více než 35 000 jednotek robotických dojících systémů fungující na mléčných farmách po celém světě. Automatický systém dojení umožňuje dojnicím, aby si samy určily čas a interval dojení, z čehož vyplývá, že lidská přítomnost v pravidelných dobách již není vyžadována. Frekvence dojení však závisí na mnoha faktorech, včetně sociální struktury stáda, uspořádání farmy, jejího designu, druhu provozu, typu podlahy, zdravotním stavu krav (zejména paznehtů a vemene), fázi laktace, pohybu a typu krmné dávky na krmném žlabu a množství koncentráту nabízené v AMS (Bach & Cabrera 2017; Bogueiro et al. 2019).

### **4.1 Robotické dojírny**

Automatický dojící rotační systém AMR (DeLaval, Sweden) byl představen v roce 2010 a vychází z konstrukce rotačních dojíren. Dvojitá salonní brána zajišťuje, že jedna kráva vstoupí na plošinu, a poté se plošina otočí do další zastavovací polohy pro přípravu struku, aby na plošinu mohla nastoupit další kráva. Tento systém má obecně pět robotů, dva pro přípravu struků, dva pro uchycení dojícího stroje a jeden pro sprejovou dezinfekci po dojení. Jinými slovy, čtyři roboti obsluhují čtyři krávy současně, což výrazně zlepšuje efektivitu postupu (Jiang et al. 2017).

Účinnost dojení dojírny je silně ovlivněna dobou dojení jednotlivých krav. K vyřešení tohoto problému nabízejí výrobci nápravná opatření, která ve skutečnosti lze zúžit pouze na dvě řešení. Prvním z nich je nastavení konstantní rychlosti otáčení dojírny (často je to jedno otočení za 15 nebo 20 minut, což odpovídá době dojení nejpomalejší dojnice). Když se podojená kráva blíží k východu, operátor zastaví plošinu z ovládacího panelu. Druhým je, že rychlost otáčení se reguluje z ovládacího panelu v kombinaci se systémem řízení stáda, který analyzuje data za předchozí den, jako je čas vstupu a výstupu, doba dojení, množství mléka vyprodukovaného jednotlivými kravami a podobně. Rychlost se nastavuje automaticky tak, aby dojení bylo dokončeno v jednom otočení plošiny (Krisanov et al. 2019).





Obrázek 4. Robotická dojírna GEA (farmtec a.s. 2024).

## 4.2 Dojící robot

Základním pravidlem při provozu automatického dojícího systému je dodržování směru pohybu zvířat. Existují dva způsoby pohybu zvířat: nucený (řízený) a volný (dobrovolný). V případě použití prvního způsobu (nuceného) směru pohybu zvířat je stáj rozdělena na část pro ležení, dojení a krmnou plochu. Existují zde systémy „prvního dojení“ a „prvního krmení“. Při zavedení systému „prvního dojení“ získají zvířata přístup ke krmivu v závislosti na tom, kolik času uplynulo od posledního dojení, tento systém vede zvířata do konkrétní oblasti. Nevýhodou tohoto řešení je, že krávy často čekají na dojení ve frontě. Na rozdíl od druhého způsobu s dobrovolným provozem je přístup ke krmné ploše volný za účelem motivace příchodu krav do dojícího boxu. Oba způsoby pohybu pro automatické dojení umožňují dosáhnout průměrné návštěvy dojícího boxu až na úroveň 2,45 – 3,20krát denně (Sharipov et al. 2021).

Dojící roboty lze také rozdělit dle počtu dojících boxů. Robot s jedním boxem je umístěn ve stáji mezi místy pro ležení krav. Každý takový systém může denně podojit maximálně 70 krav. Automatické dojící systémy s více boxy, které obsahují 2 až 5 míst, jsou umístěny v samostatných prostorách a mohou dojit 120 až 350 krav denně. Současně se mohou víceboxové dojící roboti skládat ze dvou paralelních dojících boxů a několika dojících boxů namontovaných v jedné řadě (Sharipov et al. 2021).

Automatický systém dojení musí převzít "oči, uši a ruce" dojiče. I proto je takový systém vybaven elektronickou identifikací krav, čištěním, dojícími zařízeními a počítačově řízenými senzory pro detekci abnormalit v mléce, aby byly možné splnit legislativní a hygienické požadavky podle pravidel mlékárenského průmyslu (Koning 2010).

Hlavním pracovním prvkem automatického dojícího systému je multifunkční rameno robota, navržené k obrazu lidské ruky. Rameno robota je schopno provádět trojrozměrné pohyby a připravuje vemeno na dojení (čištění struků vemene), připevňuje dojící soupravu na struky a v některých verzích dezinfikuje struky po dojení (Sharipov et al. 2021).

Poloha struků a tvar vemene se u každé krávy liší. Vzdálenosti mezi struky se liší mezi jednotlivými plemeny i stády. Tver vemene a sklon vemene mohou způsobovat problémy s upevněním strukových násadců. Také v situacích, kdy se výška mezi předními a zadními struky příliš liší jsou problémy s upevněním strukových násadců. K měření rozmístění struků se

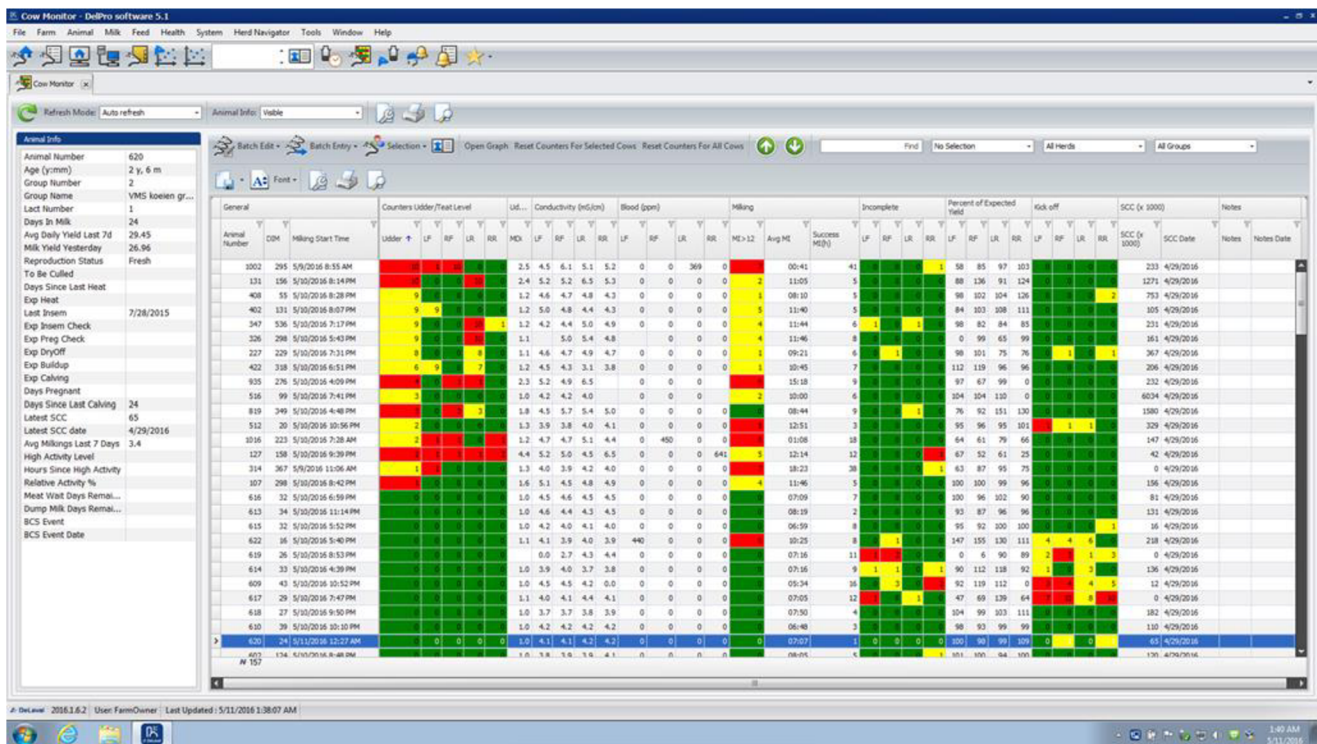
používají ultrazvukové senzory dále lze také použít laserové senzory a CCD kamery (zařízení s vázaným nábojem) (Rossing & Hogewerf 1997).

Různé metody nasazování strukových násadců mají své výhody i nevýhody. V systémech, kde jsou strukové násadce připevněny z boku, mohou zvířata snadno kopnout do robotického ramene a poloha ramene může být ovlivněna polohou zadních nohou krávy, takže je nutné dosáhnout správného postoje krávy pro dojení. Pro dosažení lepšího přístupu k vemenu a většího prostoru pro robotické rameno lze přední část stojanu zvednout. Je také možné zkonstruovat podlahu tak, aby byla kráva nucena roztáhnout zadní nohy, což zpřístupní vemeno a usnadní nalezení struků. Pokud jsou strukové násadce připevněny zezadu, je nezbytné, aby krávy měly roztažené zadní nohy a aby byla zajištěna opatření, která zabrání znečištění zařízení. (Rossing & Hogewerf 1997).

### 4.3 Senzory zabudované v AMS

Systémy dojících robotů jsou komerčně dostupné od 90. let 20. století a použití těchto systémů zlepšilo řízení stáda. V systému dojícího robota je však zapotřebí snímací systém pro zkoumání kvality mléka a fyziologického stavu jednotlivých krav (Kawasaki et al. 2008).

Moderní dojící roboty jsou vybaveny množstvím senzorů, které při každém dojení (2,5–3x denně) zaznamenávají údaje o dojivosti a kvalitě mléka, efektivitě dojení, welfare dojnic a zdraví se zvláštním zaměřením na stav vemene. V současné době jsou varovné systémy pro riziko mastitidy obecně založeny na monitorování elektrické vodivosti, barvy a/nebo teploty mléka. Tyto indikátory, ale mají omezenou spolehlivost. Informace shromážděné automatickými senzory, již implementované v komerčních robotech, by mohly být především užitečné pro včasnou detekci mastitidy. S použitím vícerozměrného přístupu studie Zucali et al. (2021) ukázala, že odchylky elektrické vodivosti mléka, dojivosti a toku mléka jednotlivých čtvrtí ve srovnání s celým vememem v čase jsou potenciálními indikátory mastitidy. Tyto indikátory fungují samostatně nebo v kombinaci s vnějšími změnami vemene jako je například otok, zarudnutí a horkost vemene na dotek. Výsledky by mohly být užitečné pro vývoj nových algoritmů účinnějších při včasné detekci mastitidy. V posledních letech byla vyvinuta řada senzorů pro sledování dalších proměnných, například složení mléka, teplota mléka, počet somatických buněk, živá hmotnost krávy, skóre tělesné kondice, kulhání atd. S řadou denních dojení stáda přibližně 2,5 je pomocí AMS zachyceno velké množství dat v reálném čase o jednotlivých kravách a jejich užitkovost. (Zucali et al. 2021), viz obrázek 5. Na obrázku jsou znázorněna data o mléku z programu Delpro. Delpro umožňuje sledovat krávy, jenž aktuálně čelí mastitidě nebo podstupují její léčbu. Virtuálně spravovaný systém (VMS) analyzuje zdravotní parametry každé jednotlivé čtvrti vemene pomocí měřiče somatických buněk (OCC). Měřič OCC udává počet SB, měří vodivost mléka, přítomnost krve v mléce a prostřednictvím Biomodelu DelPro vyhodnocuje u každého zvířete index detekce mastitidy (MDi). Barva na obrázku 5 představuje: červená = něco není v pořádku v předchozím dojení, toto je „špatné“ dojení (souvisí se zdravím vemene). Žlutá = dříve se něco pokazilo, nicméně poslední dojení se zlepšilo, zelená = vše dobré. Stejně jako u stavové desky platí, že čím častěji kontrolujete obrazovku monitoru dojnic, tím rychleji můžete vizuálně zkontrolovat a/nebo ošetřit jakékoli krávy s abnormalitami (DeLaval 2024b).



Obrázek 5. Program Delpro (Delaval 2024b).

#### 4.4 Výhody a nevýhody robotického dojení

Podle Tse et al. (2017, 2018) může dojení pomocí AMS poskytnout řadu hmotných i nehmotných výhod pro zemědělské podniky. Francouzská data ukazují průměrný růst produkce mléka přibližně 3 % na farmách, které používají AMS a až 9 % na farmách, které dojí pomocí robotů po dobu delší než dva roky (Veysset et al. 2001). Takový nárůst je způsoben především potenciálním zvýšením průměrného počtu dojení zavedení AMS (Dijkhuizen et al. 1997; Rotz et al. 2003). Bar-Peled et al. (1995) ukázali, že pokud dojnice na začátku laktace má vysokou frekvenci dojení, ukazuje potenciál zajistit zvýšení produkci mléka po celou dobu laktace, i když se tato frekvence později sníží. Tato zjištění potvrzují několik dalších studií. Hale et al. (2003); Dahl et al. (2004); Eslamizad et al. (2010) potvrdili tezi o zvýšení mléka během celé laktace, a to i když frekvence počtu dojení se zvyšuje pouze na začátku. Kromě toho dokázali, že existuje možnost snížení počtu somatických mléčných buněk u krav, které se přes den dojí častěji.

Erdman & Varner (1995) uvedli potenciální růst dojivosti až o 25 % u krav, které dříve byly dojeny dvakrát denně a nyní jsou dojeny třikrát denně. Lopes et al. (2014) díky rozsáhlému přehledu literatury ukazují průměrný nárůst dojivosti o 14,75 %. Z toho důvodu je důležité umožnit častější přístup do AMS dojnícím s vysokým produkčním potenciálem v laktaci, tak aby bylo možné dosáhnout průměrného počtu třech nebo více dojení denně na krávu.

Dalším důležitým přínosem na farmách využívajících AMS je dodávání jadrného krmiva dojnícím v dojícím boxu viz výše. Salfer et al. (2017) uvedli, že prostřednictvím jadrného krmiva nabízeného v robotickém boxu může pomoci zvládnout udržet tělesnou kondici dojnice a potenciálně zvýšit produkci mléka. Tento výsledek souvisí s individuálním řízením stáda, přičemž každé zvíře je rozpoznáno individuálně. Koncentrát je tedy dodáván ve

správném množství založeném na nutriční potřebě odhadnuté podle množství mléka, které kráva produkuje. Podle Rodenburga (2011), Bach & Cabrera (2017), dodávání koncentráту v AMS je strategie, jak krávy nalákat. Dále Rodenburg (2017) poznamenal, že robotické dojení snižuje nároky na pracovní sílu všech velikostí mléčných farem a nabízí flexibilnější životní styl, pro rodiny na farmách s až 250 dojnicemi. To může být považováno za další důležitý přínos dojení v provozu s využitím AMS.

Další výhodou AMS je nižší potřeba stavebních úprav. Částka investovaná do zařízení lze výrazně snížit jak z hlediska absolutní hodnoty, menší zastavěné plochy nebo menší stavební složitosti. Publikace autorů Carregosa & Almeida (2015), ve spolupráci se společností Lely na internetových stránkách agronegocios.eu uvádí, že stavební práce při instalaci AMS jsou minimální ve srovnání s těmi, které vyžaduje konvenční dojírny, a proto jsou mnohem ekonomičtější.

Hlavní nevýhodou AMS je jeho vysoká pořizovací cena. Citace společnosti DeLaval z roku 2018 uváděla hodnotu v řádu 195 000,00 amerických dolarů (přibližně 4 500 000 českých korun) za pořízení a implementaci nejnovější jednotky AMS (DeLaval VMS V300). Jako další nevýhody by se dalo zařadit zvýšení volných mastných kyselin (FFA) v mléce. Studie uvádějí zvýšené hladiny FFA v některých farmách po zavedení AMS (Justesen & Rasmussen 2000). Vysoké hladiny FFA v mléce jsou nežádoucí z hlediska sensorických změn a zkracují trvanlivost u mléčných výrobků (Sapru et al. 1997). Několik dalších studií ukázalo, že zvýšení obsahu FFA v chovech s AMS může být způsobeno zvýšenou frekvencí a kratších intervalů mezi dojeními, což má vliv na velikost tukových kapének v mléce a činí je náchylnějšími k poškození (Klei et al. 1997; Wiking et al. 2003; Wiking et al. 2006).

Dále se mohou objevit změny obsahu tuku a bílkovin. Podle Bacha et al. (2009) některé řízené průtokové systémy, jako je například "milk-first" nebo "feed-first", mají tendenci ke snížení obsahu mléčné sušiny (tuku a bílkovin). Tuky mají tendenci klesat v důsledku zvýšeného potenciálu pro bachorové acidózy. Podle těchto autorů v řízeném pohybu, krávy spotřebují větší množství krmiva najednou, protože bude déle trvat, než se znovu dostanou do krmné uličky. Bílkoviny, však klesají právě v důsledku snížení celkového množství sušiny, které je rovněž pozorováno při řízeném (nebo nuceném) pohybu, hlavně když je přístup k vodě omezen (Filho et al. 2020).

Další problém je nárůst subklinické ketózy. Podle Tatone et al. (2017) a King et al. (2018) má míra subklinické ketózy tendenci se zvyšovat u stád dojníc dojených v AMS. Důvod souvisí s nárůstem počtu dojení a produkce mléka, zejména na začátku laktace. King et al. (2018) také uvedli, že tyto dojnice mají tendenci produkovat více mléka než dojnice v konvenčním systému a mají tedy šanci vstoupit do mírně závažnější negativní energetické bilance. Děje se tak, protože krávy nezvyšují příjem krmiva ve stejné míře a může tak nakonec dojít k subklinické ketóze. AMS umožňuje vyšší frekvence dojení než konvenční systémy a poskytuje vyšší doživost (Wagner-Storch & Palmer 2003; Bogucki et al. 2014; Sitkowska et al. 2015; De Marchi et al. 2017). To může zhoršit negativní energetickou bilanci a riziko subklinické ketózy, což potvrzují výsledky studie Tatone et al. (2017). Tato studie prokázala, že stáda AMS mají prevalenci vysokých hodnot beta-hydroxybutyrátu než v konvenčních systémech dojení. Pokud jde o Kinga et al. (2018) krávy produkující více mléka, mají více beta-hydroxybutyrátu cirkulujícího v krvi a také vyšší pravděpodobnost subklinické ketózy. Krávy,

kteře produkují méně mléka, jsou podle těchto autorů schopny lépe získat ze stravy potřebnou energii (Filho et al. 2020).

Další potenciální nevýhodou je kvalita mléka. Se zvýšenou produkcí, díky častějšímu dojení je koncentrace mléčného tuku o něco nižší než koncentrace dosažená při tradičním dojení dvakrát denně (Klungel et al. 2000; Shoshani & Chaffer 2002). Kromě toho je spotřebováno více krmiva, aby se pokryla větší produkce, čímž se zvyšují náklady na krmivo (Rotz et al. 2003).

## **5 Automatické detektory říje, přežvykování a pH bachoru**

Identifikace krav v říji je kritickou součástí úspěšného inseminačního programu. Detekční programy musí mít schopnost správně detekovat všechny krávy v říji (citlivost) a odlišit je od krav, které skutečně v říji nejsou (specifičnost). Identifikace různých fyzikálních nebo behaviorálních a chemických signálů, které přesně detekují říji, byla cílem mnoha výzkumů. Technologie, které poskytují řešení pro problémy s detekcí by měli poskytovat, nepřetržitý dohled nad krávou (24 hodin denně), přesnou a automatickou identifikaci krav v říji a provoz po celý produktivní život krávy. Nadále by měly minimalizovat pracovní požadavky, zvyšovat přesnost v identifikaci vhodných fyziologických nebo behaviorálních událostí, které do značné míry korelují s ovulací (Senger 1994).

K dispozici jsou nové technologie pro detekci různých fyziologických parametrů, včetně zvýšení fyzické aktivity, což je běžně měřený korelát říje (Fricke et al. 2014; Reith & Hoy 2018; Cerri et al. 2021). S pokrokem technologie, jsou pedometry nahrazeny sofistikovanějšími zařízeními pro monitorování aktivity, které používají akcelerometry (které hodnotí pohyb ve 3 rozměrech) ke kvantifikaci zvýšené fyzické aktivity spojené s říjí. Systémy pro monitorování aktivity zvýšily zaznamenávání a hlášení aktivity několikanásobného denního sledování (Løvendahl & Chagunda 2010) na nepřetržité monitorování v reálném čase (Silper et al. 2015). Když byl systém monitorování aktivity (tj. Heattime – HT) srovnán se systémem pedometru (tj. IceTag) ve druhé studii, měly oba systémy větší přesnost detekce říje ve srovnání s vizuálním pozorováním (Stevenson 2021). Nicméně v porovnání systémů Heattime a Icetag mezi sebou, měly známky říje větší intenzitu a delší trvání u systému HT. Systém HT je namontovaný na obojku dojnice a bezdrátově přenáší data do počítače každé 2 hodiny. Zároveň v reálném čase ukazuje vysokou aktivitu dojnice (Silper et al. 2015).

### **5.1 Pedometr**

Mezi metody detekce říje patří např. vizuální pozorování, změny tělesné teploty, změny odporu vaginálního hlenu, zaznamenávání rostoucí aktivity a také zvýšení počtu kroků kolem říje. Aktivita (měřená krokoměry) u dojnic během říje byla poprvé studována na počátku 50. let minulého století. Studie Roelofs et al. (2005) ukázala, že estrální období u dojnic je charakterizováno zvýšeným počtem kroků. Pozdější výzkumy ukázaly, že zvýšení počtu kroků je slibným nástrojem pro přesnou detekci říje (Roelofs et al. 2005).

Zdokonalená pedometrická technologie nyní vede k lepším analytickým schopnostem a systémům ukládání informací, které umožňují srovnání aktuální a předchozí fyzické aktivity. Integrace vnitřního napájení, které ovládají elektroniku, vývoj samostatných krokoměřů pro

komunikaci s dojícím strojem a ukládání informací v osobním počítači patří mezi výhody tohoto systému. Některé krokoměry mají vestavěný výstražný systém, jako je bzučák nebo blikající světlo, které varuje farmáře v případě říje (Diskin & Sreenan 2000). Speciální typ krokoměru zvaný ALT dokáže měřit tři parametry současně (aktivitu, dobu ležení a tělesnou teplotu). Byly také vyvinuty systémy v reálném čase s měnitelným časovým intervalem měření. Naměřené parametry, jako je aktivita a doba ležení, umožňují velmi časně a bezpečně vyjádření onemocnění zvířat a doby cyklu říje (Brehme a kol. 2008). Systém ALPRO od DeLaval používá rádiové spojení ke sběru informací o aktivitě jednou za hodinu (DeLaval, 2001a). Pro co největší indikaci říje poskytuje systém ALPRO správci stáda údaje o aktivitě, očekávaném termínu říje, individuální spotřebě krmiva a individuálním vývoji mléčné užitkovosti (DeLaval, 2001b). Srovnání těchto dvou systémů je popsáno v práci Brehme et al. (2008). V kombinaci s jinými metodami může použití krokoměru spolu s neustálým sledováním vést k přesnosti detekce říje téměř 100 % (Mičiaková et al. 2018).

## 5.2 Akcelometr

Akcelometry jsou zařízení používaná v monitorech aktivity. Tento typ monitorování byl poprvé vyvinut pro armádu, automobilový průmysl a letecký průmysl. Akcelerometry mají schopnost detekovat pohyb ve všech 3 prostorových rovinách. Zvýšení fyzické aktivity krávy poskytlo 70 až 80% přesnost zjištěné říje (Roelofs et al. 2010). Krávy ustájené ve volných stájích byly během říje přibližně 2,75krát aktivnější než mimo období říje. Tudíž, kdy nebyly krávy v říji se vyskytly den ode dne jen relativně malé rozdíly aktivity krav. Monitoring aktivity tedy může být přijatelným prediktorem sexuálního a jiného chování spojeného s říjí (López-Gatius et al. 2005; Roelofs et al. 2005).

Například krokoměr RumiWatch, který se připevňuje k jedné ze zadních končetin krávy proximálně ke kloubu stehna pomocí suchého zipu představuje neinvazivní elektronický senzor, který nepřetržitě sbírá data s rychlostí 10 měření za sekundu a to včetně 3-rozměrného akcelometru. Nezpracovaná data jsou průběžně ukládána na integrovanou paměťovou kartu micro SD. Pohybová aktivita krávy spočívá buď v ležení, nebo ve vzpřímené poloze. Vzpřímená poloha zahrnuje buď stání, nebo chůzi. Chůze je definována jako činnost charakterizovaná alespoň třemi po sobě jdoucími pohyby končetinami (kroky), které krávé umožňují změnit svou polohu v prostoru buď dopředu nebo dozadu. Stání je definováno jako činnost krávy ve vzpřímené poloze, když nechodila. Detekce chování vleže a ve stoji byla založena na odhadech úhlu pedometru (Alsaad et al. 2015). Další možnosti pro sledování pohybu jsou akcelerometry připojené k noze nebo namontované pomocí límce kolem krku k měření chování při ležení (Hendriks et al. 2020).

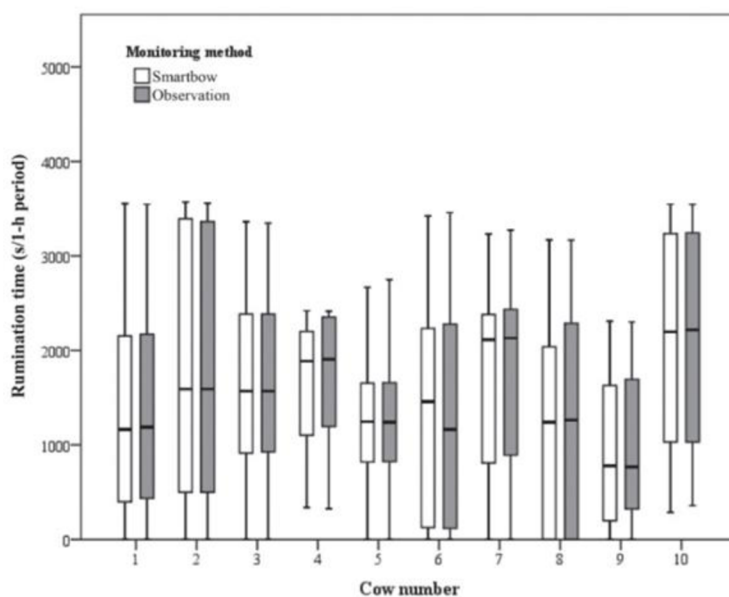
Systém Heatime se skládá ze senzoru, který je připevněný na obojku kolem krku dojnice, z malého ovládacího terminálu a identifikačního přijímače. Sensory sledují jednotlivé úrovně aktivity krav a 24hodinovou kumulovanou aktivitu. Každý pohyb a intenzita pohybu zvířete je zjištěna pomocí trojrozměrného akcelometru. Výsledkem je bezrozměrný index aktivity, který je uložen ve dvanáctihodinových paměťových kartách (SCR ENGINEERS 2011; Mičiaková et al. 2018).

Ve studii Schweinzer et al. (2019) byl pro detekci krav v říji použit 3D akcelometr integrovaný do ušní známky (SMARTBOW, Smartbow GmbH, Weibern, Rakousko). Vzorec

pohybu založený na datech z akcelerometru byl analyzován a zpracován pomocí algoritmů a strojového učení, což vedlo k upozorněním na říji. Ušní známka SMARTBOW (Smartbow GmbH, Weibern, Rakousko) obsahuje 3D akcelerometr, který shromažďuje údaje o pohybech hlavy a uší krav, které jsou zpracovávány a používány pro nepřetržité automatické monitorování v reálném čase. Tato technologie byla vyhodnocena a komerčně nabízena pro měření aktivity, sledování přezvykování a lokalizaci ve stáji. Dále byly s tímto systémem provedeny dvě pilotní studie k predikci porodu a ke sledování chování telat při pití mléka, viz níže (Schweinzer et al 2019).

Výsledky studie k predikci porodu Krieger et al. (2018) ukazují, že stále existuje potenciál pro zlepšení detekce zvednutí ocasu v souvislosti s telením. Jelikož senzor zaznamenává zvednutí ocasu během defekace a mikce, bylo by zajímavé otestovat systém u nezapuštěných krav nebo krav v raných fázích březosti, aby bylo možné vyhodnotit výskyt falešných poplachů porodu. Rozhodovací funkce však není založena pouze na vnímání zvednutí ocasu, ale spíše na frekvenci a trvání událostí, za pomoci, kterých jsou vyloučeny události nesouvisející s porodem. Přestože byl počet falešně negativních případů zvednutí ocasu vysoký, bylo dosaženo použitelných upozornění na porod. Celkovým cílem by však mělo být použití snímače nejen jako zařízení pro signalizaci porodu, ale především jako monitorovacího systému pro dohled nad všemi fázemi porodu. Studie tedy prokázala technickou proveditelnost sledování pohybu ocasu pomocí akcelerometru upevněného na ocasu, a tedy predikci začátku porodu. K potvrzení těchto výsledků je však třeba monitorovat více krav a je zapotřebí další výzkum, aby se zdokonalil algoritmus a rozhodovací funkce (Krieger et al. 2018).

Ušní známka Smartbow se skládá z integrovaného akcelerometru. Komerčně dostupné ušní známky zachycují data zrychlení jednou za sekundu (1 Hz), ale v této studii byly použity ušní značky zachycující a odesílající data s frekvencí 10 Hz. Data byla odesílána v reálném čase prostřednictvím přijímacího zařízení (Smartbow Wallpoint) na místní server (Smartbow Station). Data o zrychlení zpracovává stanice Smartbow pomocí naprogramovaných algoritmů pro detekci aktivit krav, například říje a přezvykování. Údaje o přezvykování (tj. minuty, které zvíře strávilo přezvykováním za hodinu a den) jsou prezentovány vizuálně na počítači (desktopový klient) nebo na mobilním zařízení (mobilní klient). Systém Smartbow je vhodný pro detekci doby přezvykování, žvýkacích cyklů a také přezvykování u dojnic chovaných ve vnitřních prostorách stáji. Zjištěné korelační koeficienty i shoda mezi systémem Smartbow a výsledky videoanalýz byly vynikající. Z praktického a klientského hlediska jsou zjištěné rozdíly mezi vizuálními pozorováními a systémem Smartbow během testování algoritmů v době přezvykování (-1,2 %), cyklech žvýkání (+3,7 %) a cyklech přezvykování (-1,8 %) zanedbatelné. Pro lepší ilustraci bylo spojení mezi měřeními systému Smartbow a výsledky videoanalýz znázorněno krabicovými grafy. Viz Graf 1. ukazuje dobu přezvykování za 1 hodinu (10 videosekvencí na krávu) prezentované zvlášť pro každou krávu. Tučná černá čára uvnitř každého boxu označuje medián (50 %), dolní a horní zakončení označují 25 a 75 %. Fousky končí u nejmenších a největších statistických hodnot, které nejsou odlehlé (Reiter 2018).



Graf 1. Krabicový graf doby přežvykování (Reiter 2018).

V americkém mlékárenském průmyslu se stále častěji používají pastevní systémy (USDA, 2016), které mají díky využitím precizních technologií prospěch. Většina prací prováděných s precizními technologiemi však byla prováděna v systémech chovu s výběhy. V tomto ohledu mohou přírodní podmínky prostředí ovlivnit aktivitu chůze a technologii fungování v pastevních systémech (Elischer et al 2013; Ambriz-Vilchis et al 2015; Sjostrom et al 2016). Cílem této studie bylo ověřit senzor Cow Manager s ušní značkou (CowManager, SensOor, Agis Automatisering BV, Harmelen, Nizozemsko) ve stádě dojníc na pastvě pomocí porovnání přímých vizuálních pozorování a údajů ze senzoru pro přežvykování, příjem krmiva, neaktivní a aktivní chování krav. Výsledky této studie naznačují, že chovatelé pasoucích se dojníc mohou senzor využívat ke sledování doby přežvykování a příjmu krmiva krav (Pereira et al 2018).

Podobné senzory jako u dojnice lze použít i u telat. Cílem studie Roland et al. (2018) bylo vytvořit algoritmus pro senzor zrychlení Smartbow Earteg (Smartbow GmbH, Wibern, Rakousko), který by rozlišil polohy, jako je ležení stání nebo pohyb telat. Zároveň by senzor měl detekovat 6 druhů činností příjem mléka, příjem vody, příjem pevného krmiva, přežvykování, olizování nebo sání bez příjmu mléka a další činnosti u telat. Studií se povedlo prokázat, že systém Smartbow s vysokou přesností dokáže rozlišit polohu telete. Ovšem výsledky pro 6 pozorovaných aktivit byly různorodé, proto budoucí studie by měly zkontrolovat algoritmus pro komplexnější soubor dat, generovaný vyšším počtem zvířat a delší dobou pozorování (Roland et al. 2018).

### 5.3 Senzory pro sledování pH bachoru

Funkce bachoru u dojníc je zásadní pro efektivitu trávení, produkci mléka a následně ziskovost farmy (Gross & Bruckmaier 2019). Běžně se posuzuje vyšetřením motility bachoru, která je řízena parasympatickým nervovým systémem. Vyšetření motility bachoru často provádějí veterináři na farmách což je však pro veterináře náročné na práci, pro chovatele nákladné, a proto se často vyšetřují pouze krávy s příznaky nemoci (Nagy 2017). K



automatickému a pravidelnému hodnocení funkce bacheru u dojníc je zapotřebí nalézt levný, neinvazivní a dlouhotrvající systém (Song et al. 2022).

Zpočátku, byly zavedeny ušní známky, krční obojky a náramky na nohy k měření tělesné teploty a aktivity. Nicméně takové senzory mohly měřit teplotu pouze při kontaktu s kůží, která podléhá změnám v důsledku podmínek prostředí a také umístění (Sellier et al. 2014). K vyřešení tohoto problému byly vyvinuty technologie bolusu v bacheru, které nepřetržitě monitorují pH a teplotu v bacheru. Tyto technologie byly také vyvinuty pro detekci SARA (subakutní bacherová acidóza) související s kmením vysoce fermentovatelnými sacharidovými krmivy (Oetzel 2007; Zabasta et al. 2019). SARA má negativní účinek na přežvykování (Oetzel 2007), imunitu (Humer et al. 2018), mastitidu, produktivitu a reprodukční výkonnost (Abdela 2016). Vzhledem k tomu, že monitorování pH je jedním z neúčinnějších způsobů, jak diagnostikovat SARA, byly bolusy senzoru umístěné v bacheru nebo čepci preferovány před jinými diagnostickými metodami, protože jsou snadno použitelné a neinvazivní a umožňují nepřetržitě sledování (Zabasta et al. 2019). Počáteční bolusy mohly být použity pouze u dojníc s fistulací, což představuje zavedení bacherové kanyly do bacheru z vnější levé strany v místě hladové jámy, kde byl bolus propojen se záznamníkem dat. Brzy však byly tyto bolusy odstraněny z důvodu problému s posunem senzoru (Dado & Allen 1995; Mottram 1997). Nejnovější pokroky v těchto senzorech umožňují použití u nekanylovaných zvířat. První bezdrátový telemetrický bolus představil Mottram et al. (2008). Tento bolus obsahoval skleněnou elektrodu s jednoduchým spojením, kde skleněná formace chránila referenční spojení, což umožnilo, aby bolus senzoru fungoval stabilně po dobu alespoň 60 dní (Mottram et al. 2008) (Obrázek 6).

V následujících letech pak byly do předžaludků dojníc aplikovány bezdrátové bolusy zabýdlující se v bacheru nebo čepci (např. eCow, eCow Devon Ltd.). Tyto bolusy nyní běžně zahrnují schopnost monitorovat pH, teplotu v bacheru a aktivitu. Většina vývoje komerčních senzorů se soustředila na eliminaci driftu senzorů v čase, aby se prodloužila jejich životnost. Velkou výzvou u většiny historických bacherových bolusových senzorů byl krátký životní cyklus zařízení, což je činí pro zemědělce finančně nerealizovatelné a vysoce nepraktické. Například historické bolusy pro monitorování pH měly typicky životnost zhruba 6 měsíců. Během posledních let bolusy zaznamenaly značný vývoj (Kaur et al. 2010). Vývoj spočíval v technologii baterií a nízkoenergetické širokopásmové bezdrátové komunikaci, která významně řeší problémy s bateriemi. Nicméně stacionární povaha orálně podávaného bolusu zůstává výzvou. Kromě prodloužení životnosti baterie, vývoj systémů internetu věcí (IoT) pro zemědělství podnítl výzkum ve vytváření chytrých a propojených senzorů, které využívají bezdrátový přenos dat, čímž umožňují flexibilnější použití. Příkladem je bolus LiveCare Bio Capsile (UlikeKorea Co. Inc.), který se usadí v bacheru krávy a využívá nízkoenergetickou širokopásmovou technologii. Bolus může měřit pH a teplotu k detekci říje, otelení, abnormální aktivity a nástupu různých onemocnění. Hlavním rozdílem tohoto produktu je delší životnost baterií, což znamená, že senzor může monitorovat teplotu po většinu produktivního života zvířete bez nutnosti výměny (Kim et al. 2018).

Dalším takovým produktem je Smart Rumen Bolus od Moonsyst, který má také potenciální životnost více než 6 let pro monitorování teploty a aktivity (Stachowicz & Umstätter 2020). Navzdory tomu, že poskytuje pokročilou schopnost detekce onemocnění, říje, aktivity a

schopnost monitorovat pH, je stále omezena jeho výdrž baterie na přibližně 90 dní (Han et al 2022).

Kromě hodnocení bachorového pH jsou bolusové senzory také schopny měřit změny teploty v bachoru, které odrážejí posun ve fyziologických stavech zvířat. Teplota v bachoru měřená bolusovými senzory byla porovnána s rektální teplotou naměřenou pomocí digitálních teploměrů. Ukázalo se, že teplota bachoru měřená bolusovými senzory mírně korelovala s rektální teplotou (Hajnal et al. 2022).

Dále několik autorů (Hicks et al. 2001; Bewley et al. 2008) prokázalo, že pokles bachorové teploty odráží události, jako je pití, příjem potravy, a že zvýšení bachorové teploty se shoduje se zvýšenou tělesnou teplotou. Tudiž sledování změn teploty v bachoru a aktivity krav může usnadnit včasnou detekci estrálních a zánětlivých stavů a je proto cenným přístupem k podpoře řízení stáda (Hajnal et al. 2022).



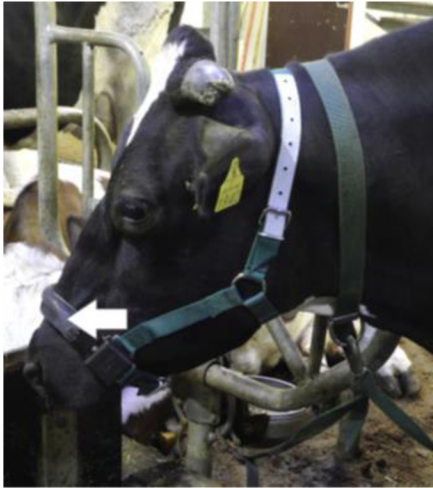
Obrázek 6. Rozložený bolus (Mottram et al. 2008).

#### 5.4 Monitoring příjmu krmiva a přežvykování

Automatické měření aktivity žvýkání a přežvykování může umožnit včasné odhalení nedostatků krmení a pomoci chovatelům při úpravě krmné dávky (Zehner et al. 2012).

Chování při krmení a přežvykání bylo tradičně sledováno pomocí metod vizuálního pozorování nebo záznamu videa (Schirmann et al. 2009). Tyto metody jsou časově náročné a prakticky se používají pouze ve výzkumných podmínkách (Borchers et al. 2016).

Systémy založené na senzorech využívají různá technologická řešení pro měření pohybů hlavy a čelistí zvířat, nebo zvuků při krmení. Některá zařízení měří pouze ruminaci (mikrofon), jiná pouze příjem krmiva (akcelerometr). Ale existují také zařízení, která měří obě tyto chování (mikrospínače, rtuťové spínače, senzor elektrického odporu). Nadále se přežvykování a příjem krmiva dá změřit i pomocí senzoru tlaku RumiWatch, viz obrázek 7. Tento tlakový senzor připevněný přes mulec měří dobu příjmu potravy, přežvykování a pití dojníc (Zehner et al. 2012). Měření systému je založeno na olejové silikonové hadičce obsahující tlakový senzor upevněný v ohlávce přes mulec krávy. Přestože stacionární systémy jsou přesné v měření chování při krmení a příjmu krmiva, jednou z jejich nevýhod jsou vysoké investiční náklady. Senzory, které se připevňují přímo na zvíře, jsou obvykle levné a umožňují také měření potravního chování v různých podmínkách chovu (např. na pastvě) (Ruuska et al. 2016).



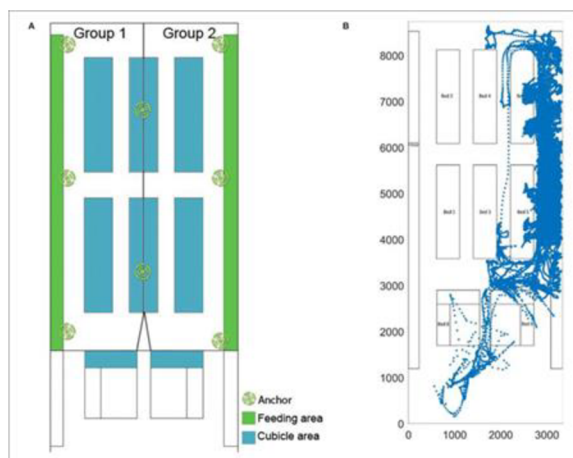
Obrázek 7. Ohlávka s tlakovým senzorem RumiWatch (šipka ukazuje přesné místo senzoru) (Ruuska et al. 2016).

## 5.5 Monitoring pozice dojnice

Kromě přístrojů pro sledování pohybu existují i aplikace pro určení polohy dojnice ve stáji. Aplikace založená na informačních technologiích představuje systém GEA CowView (GEA Farm Technologies, Bönen, Německo). Tento systém je schopen detekovat a monitorovat chování dojnic na základě určování polohy prostřednictvím vytvoření virtuální mapy stáje, která zakresluje všechny oblasti kam mají krávy přístup. CowView je automatický vnitřní lokalizační systém pro dojný skot, který poskytuje údaje o poloze a chování nebo aktivitě označených zvířat v závislosti na zóně, na základě triangulace velmi krátkých rádiových signálů (Ultra-Wide Band) s přesností 50 cm (CowView systém, GEA Farm Technologies). Tento systém průběžně zaznamenává polohu každé krávy prostřednictvím propojení mezi senzory umístěnými ve stáji a čipem CowView namontovaným na obojku krávy. Výstupem je soubor dat s polohou zvířete charakterizovaný prostorovými souřadnicemi, které umožňují identifikaci chování. Charakteristickým rysem této technologie je skutečné rozdělení celé oblasti na podoblasti, které definují specifické chování krav (např. pobyt u krmného stolu odpovídá chování při krmení). Obrázek 7 představuje A) Dispozice stáji vybavených systémem CowView (GEA Farm Technologies), kde Studovaná stáj (74 × 33 m) má krmné uličky po obou stranách stáje směrem ke zdi a lehací boxy jsou ve střední části. Dále je na obrázku (B) ukázka záznamu trajektorie krávy za den (24 h.) (Tullo et al. 2016).

Další poziční systém nabízí i firma CRV. Nové respondéry „All in One“ od CRV kombinují monitoring příjmu krmiva s přežvykováním včetně sledování (ne)aktivity zvířat. Tímto krokem se ještě více zpřesní data o zdravotním stavu, protože takové sledování umožňuje odhalit i blížící se porod, problémy po otelení, sníženou aktivitu atd. Další výhodou nového typu respondérů je možnost využití pozičního systému, kdy jsou zvířata dohledána s přesností na 1 m. Chovatel má k dispozici nákres vlastní stáje a jednotlivá zvířata jsou zobrazena přesně tam, kde se momentálně pohybují. Díky tomu pak jde „najisto“ a nemusí ztrácet čas hledáním zvířat, čímž se zvyšuje produktivita práce. Všechna data jsou chovatelům dostupná přes internet

pomocí PC, tabletu či smartphonu v podobě přehledných grafů a tabulek. Systém navíc umožňuje zaslání upozornění formou SMS nebo e-mailu (Prýmas 2017a).



Obrázek 7. Systémem CowView (GEA Farm Technologies) (Ren et al. 2022).

## 5.6 Monitoring tělesné kondice dojnic

Tělesná kondice je významným ukazatelem welfare a řízení stáda. Tělesná kondice je ve vysoké korelaci se zdravotním a metabolickým stavem dojnice a také se složením mléka během laktace. Hodnocení tělesného stavu je nepřímým hodnocením úrovně tělesných rezerv a odchylky odhalují souhrnné variace v energetické bilanci. Rutinní hodnocení tělesného stavu je založeno na vizuálním pozorování a palpaci specifických oblastí těla, aby se určilo skóre, které hodnotí depozita tukové tkáně a svalové hmoty. Tento přístup hodnocení, obecně známý jako body condition score (BCS), má oprávněnou pozornost jako relevantní nástroj pro řízení stád dojnic (Silva et al. 2021).

Je známo, že dojnice mobilizují tělesný tuk, aby dosáhly svého genetického potenciálu pro produkci mléka což může mít negativní dopad na zdraví, plodnost a přežití dojnic. Lepší sledování krav se špatnou tělesnou kondicí (nízký nebo vysoký obsah tuku v těle), povede ke zlepšení efektivity produkce a menšímu plýtvání zdroji v produkci mléka z chovu dojnic (Keady et al. 2005). Jedná se tedy o cenný nástroj k řízení užitkovosti zvířat a využití krmiva (Roche et al. 2009; Bell et al. 2018).

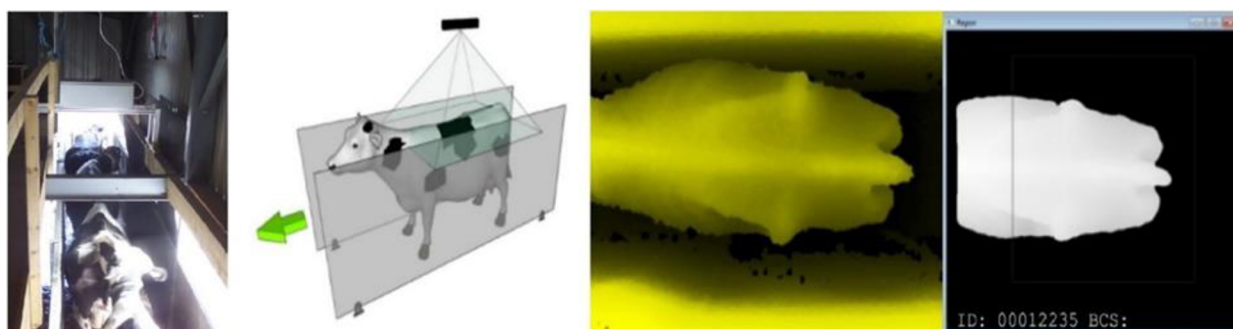
Přesné a opakovatelné vyhodnocení BCS vyžaduje osobní zkušenost s vizuálními a hmatovými metodami založenými na tvaru krávy na hlavě ocasu a hácích. Tento postup je však časově náročný a subjektivní a může vést k chybným klasifikacím kvůli možnému zkreslení ve srovnání s dříve pozorovanými kravami. V poslední době se elektronické vizuální systémy pokusily automatizovat proces BCS pomocí různých typů kamer k analýze obrysů krávy a vytvořily silnou korelaci mezi manuálními pozorováními a technologickými prezentacemi (Fischer et al. 2015; Spoliansky et al. 2016; Alvarez et al. 2018; Yukun 2019).

V poslední době byla vyvinuta a testována celá řada řešení založených na vidění pro monitorování BCS, jako je termální zobrazování, 2D zobrazování a technologie 3D zobrazování (Silva et al. 2021).

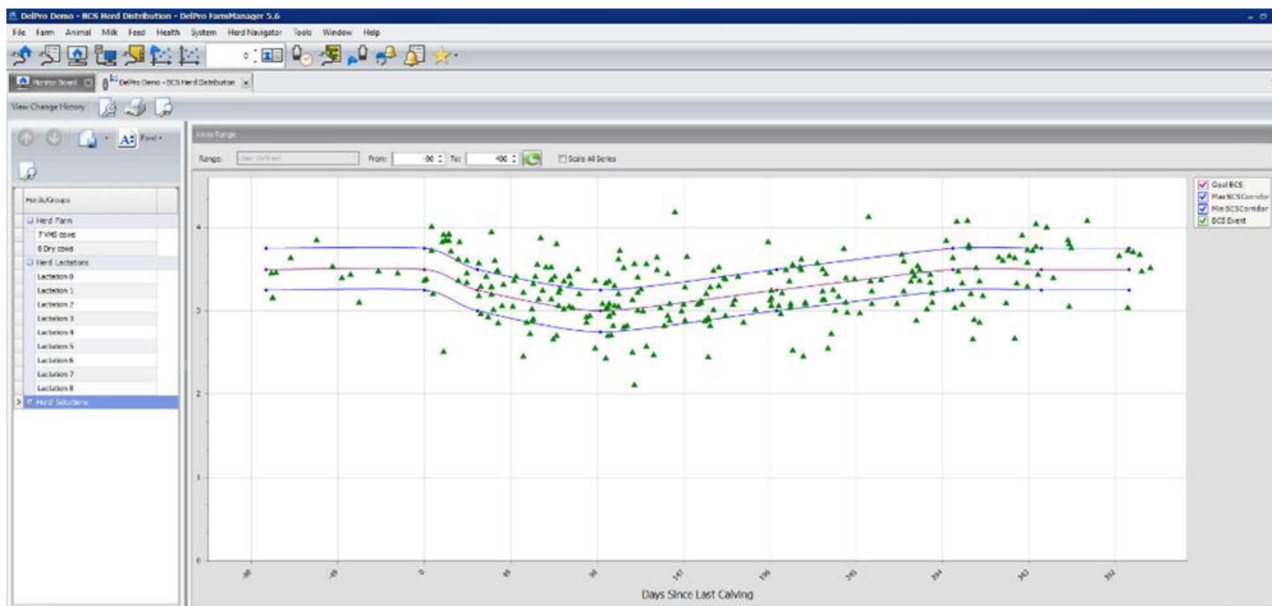
Prvním komerčně dostupným systémem byl DeLaval BCS založený na technologiích 3D zpracování obrazu; byla navržena v roce 2015 společností DeLaval Corporate. Systém funguje, když se krávy pohybují přes pevný bod ve stáji nebo když navštíví dojícího robota. Tento koncept umožnil začlenit BCS do řízení stáda. 3D kamera je propojena s radiofrekvenčním identifikačním (RFID) systémem, který umožňuje nepřetržité sledování BCS a využití těchto informací v systémech řízení stáda (Silva et al. 2021).

Fyzická konfigurace systému pro sběr dat spolu s příklady pořízených a zpracovaných snímků je znázorněna na Obr 8. Hloubková kamera podobná 3D Kinectu (pohybový senzor) sleduje hřbet zvířete shora, jak volně prochází po úzkém chodníku pod ním (dva snímky vlevo). Podlahu chodníku tvořil betonový protiskluzový povrch. Stejný povrch podlahy byl také použit během ručního pozorování, aby se zabránilo zavedení jakékoli změny chůze. Skot, který je zvyklý cestovat po ochozu, po opuštění dojírny projde jeden po druhém běžným neomezeným způsobem dvakrát denně. 3D kamera, která je namontována 2,3 m nad zemí, aby poskytla 2,5 m horizontální zorný úhel (FOV), a počítačový systém jsou umístěny ve vodotěsných boxech s krytím IP66. Čtečka RFID (Radio Frequency Identification), která se používá k identifikaci každé krávy, je umístěna na jedné straně na úrovni hlavy krávy a spouští pořízení snímku, když se kráva přibližuje. Dva obrázky vpravo ukazují nezpracovaný 3D obrázek a zpracovaný obrázek. Zachycená data se skládají z hustého mraku 3D povrchových datových bodů získaných rychlostí 30 snímků za sekundu (Hansen et al. 2018).

DeLaval systém hodnocení tělesné kondice krav se skládá ze dvou komponent: z kamery, která pořizuje 3D snímek krávy, a ze speciálního softwaru, který je propojen s programem řízení farmy DelPro. DeLaval kamera BCS umístěná na VMS automaticky odesílá hodnocení krávy – a to pokaždé, když prochází robotem VMS – do softwarového programu DeLaval řízení farmy DelPro a v přehledném grafickém formátu provádí vyhodnocení ve vztahu k fázi laktace. Chovatelé mohou vidět, které krávy (pokud takové jsou), se nacházejí nad nebo pod křivkou nastavenou faremním počítačem, viz graf 2 rozdělení stáda. Graf zobrazuje všechny poslední hodnoty BCS i jednotlivých krav. V grafu jsou zakreslena zvířata po dnech v laktaci (horizontálně) a hodnota BCS (vertikálně). Fialová křivka zobrazuje cílovou hodnotu v průběhu laktace, kolem které je modře znázorněn přijatelný rozsah stanovený v modelu daného plemene (DeLaval 2024c).



Obrázek 8. Kamera a její záznamy pro hodnocení BCS (Hansen et al. 2018).



Graf 2. BCS – rozdělení stáda (Delaval 2024c)

## 6 Technologie v ustájení Boxové lože

Lehání je důležitým typem chování dojného skotu. Dostatečný odpočinek je nezbytný pro udržení zdraví, dobrých životních podmínek a produktivity dojnic, což jsou faktory ovlivněné uspořádáním stáje. Design stání má tedy velký význam pro pohodu a chování zvířat. Krávy potřebují mít neustále přístup k čistému a atraktivnímu místu pro odpočinek. Z toho vyplývá, že ve stáji by měl být alespoň stejný počet volných boxových stání a krav, což je běžné doporučení a v některých zemích dokonce povinné. Vlastní stáj může být vyrobena z různých materiálů a konstrukce, ale její hlavní funkcí je být pohodlným místem pro odpočinek nebo stání krav (Eedenburg & Ruud 2021).

### 6.1 Možnosti boxových loží

Typ lehací plochy může hrát důležitou roli ve zdraví mléčné žlázy krav tím, že ovlivňuje čistotu krav a vystavení vemene bakteriím (Wolfe et al. 2018).

Ve volných boxových stájích tvoří podlahu v ložích většinou podestýlka ze slámy, pilin, někdy i písku. Tyto podestýlkové materiály plochu a prostor pro lože zpříjemňují, do značné míry absorbují výkaly ulpívající na paznehtech a tím i přispívají k relativně větší čistotě a suchosti lože. Na druhé straně způsobují tyto podestýlkové „matrace“ i problémy při odkluzu hnoje, (pracnost, dočišťování, vyšší materiálové náklady) ale i větší mikrobiální zatížení mléčné žlázy. Z tohoto důvodu mnoho chovatelů přechází na bezstelivové boxové ustájení, kde se využívá alternativních podestýlkových materiálů ve formě rohoží a matrací (Doležal 2003).

Při porovnávání podestýlky měly krávy měly skóre hygieny nohou a vemen na gumových matracích nebo vodních matracích, než na písku (Fulwider et al. 2007) a krávy na pilinách měly čistější vemeny než ty na písku (Zdanowic et al. 2004). Gastelen et al (2011) však nezjistil žádné rozdíly ve skóre čistoty mezi krávami ustájenými na matracích a kravami ustájenými na různých materiálech podestýlky, včetně písku (Gastelen et al. 2011), nebo organickou podestýlkou (Weyenberg et al. 2015; Wolfe et al. 2018).

Mezi moderní typy patří bezstelivové ustájení pomocí matrací, které mají strukturovanou základnu prošíváním. Většina hmot pro tento typ ustájení se dnes vyrábí z trubek z nylonové tkaniny plněné mletou gumou (např. z recyklovaných pneumatik automobilů) nebo pěnou z plastu. Trubky se umístí rovnoběžně a navrch se položí látkový potah. Matrace i vrchní vrstva jsou k dispozici v mnoha různých typech, tloušťkách a kvalitách. Pokud se po několika letech používání vytvoří promáčkliny, lze kryt sejmout a trubky přerovnat. Poté kryt znovu umístí a krávy mají pohodlné lůžko na další řadu let. Na povrchu matrace je třeba aplikovat vrstvu pilin nebo jiného absorbujícího materiálu, aby byla matrace suchá a čistá. Silná vrstva pilin (7,5 kg na stání) zlepšuje komfort ležení. Obecně platí, že jak vícevrstvé matrace, tak matrace plněné pryží poskytují správný komfort při ležení. Holé matrace však mají za následek více hlezenních lézí než hluboké lože s pískem nebo pilinami (Eedenburg & Ruud 2021).

Další možností podlahy v boxové loži jsou takzvané vodní matrace. Jsou to gumové vaky naplněné vodou. Vodní matrace nejsou vyhřívány, ale i tak zajišťují pohodlí při ležení. Bohužel tomu tak není při pohybech vleže nebo při vstávání, kdy kráva přenáší většinu své váhy na zápěstní kloub a odtlačuje vodu, což může být bolestivé v závislosti na měkkosti základny vodní matrace. Dvojitě vodní matrace mají malou komoru v oblasti zápěstního kloubu, aby se tomuto problému předešlo. Když kráva opustí stání, vodní matrace znovu získá svůj zaoblený tvar a všechny tekutiny na ní, jako například vyteklé mléko, stékají do hnojné chodby. Přidaná podestýlka by měla být použita k absorbování zbývající vlhkosti. Tímto způsobem můžeme zabránit růstu bakterií a tím i infekcím mléčné žlázy. Krávy obvykle potřebují několik dní, aby si zvykly na pocit vodní matrace při vstupu do volných stájí, ale některé krávy dávají přednost písku a jiným možnostem než vodním matracím (Eedenburg & Ruud 2021).

## 6.2 Podlahy

Jedním z problémů welfare dojníc je kvalita podlah v chodbách a boxech. Tradiční roštové, betonové, či podestýlané podlahy jsou kluzké, stěžují dojnicím pohyb a způsobují poranění končetin a znečišťují tělo, zejména vemeno dojnice (Kušnířová et al. 2012).

K zajištění udržitelné produkce mléka je potřeba dojnicím zajistit dobré životní podmínky. Jednou z podmínek je i bezpečný pohyb po stáji a do dojírny. Paznehty skotu jsou uzpůsobené pro chůzi po měkkém povrchu v přirozeném prostředí – tráva, písek, bláto. Stájové povrchy a uličky na dojírnu jsou často betonové a paznehty na takovém podkladu velmi trpí. Dalším úskalím betonových chodeb a uliček je jejich kluzkost. Proto je důvod vytvoření nových podlah. Například povrch podlahy Delta Diam poskytuje kravám oporu ve všech směrech a minimalizuje zranění. Vzor podlahy je tvořen kosočtvercovými nopy, které působí protiskluzově. Povrch tak napomáhá k bezpečnému a přirozenému pohybu (AGROPRESS 2022).

Velkou novinkou je FW (freewalk). Jsou to stáje s propustnými umělými podlahami složenými z různých vrstev. Nahoře je speciální drenážní tkanina, která propouští moč a udržuje výkaly nad podlahou. Matrace pod horní vrstvou je dostatečně měkká, aby po ní mohly krávy chodit, ale dostatečně tvrdá na to, aby robot na výkaly je odstranil. Sběrné nádoby na dně podlahové konstrukce shromažďují moč a potrubí pod nimi ji přepravuje do skladovacího

systemu. Tento konkrétní systém ustájení se nazývá kravská zahrada (Galama et al. 2020), viz obrázek 9.



Obrázek 9. Kravská zahrada (Galama et al. 2020).

### 6.3 Robotický systém na vyhrnování výkalů

U systémem odstraňování chlévské mrvy z povrchu volného stání nebyly zjištěny souvislosti s dojivostí krávy nebo s dojením v AMS. Rodenburg (2004) navrhl, že použití automatických vyhrnovacích lopat nebo lišt by mohlo být výhodné, protože vjezd strojů do stáje může být pro krávy rušivý. Kromě toho stáje s automatickými lopatami pro odklizení mrvy jsou čistší, protože se v nich projíždí častěji (Siewert et al. 2018).

Nicméně provoz mechanických zařízení pro odstraňování chlévské mrvy má za následek vysokou spotřebu energie, rychlejší opotřebení dílů a tím snížení rychlosti a horší odstranění chlévské mrvy (Chiumenti et al. 2018).

V Itálii jsou automatické shrnovače chlévské mrvy na pevných podlahách nejpoužívanějším zařízením ve stájích dojeného skotu. Automatické shrnovače, které byly zavedeny s hlavním cílem omezit ruční práci, jsou instalovány v hnojných chodbách, v krmišti a jsou aktivovány časovým spínačem. Kromě omezení ruční práce prokazují pozitivní vliv na životní prostředí, a to poklesem emisí amoniaku (Buck et al. 2013).

V současné době na moderních farmách s volným ustájením používá řešení s roštovými podlahami a hydraulickým odstraňováním tekutého odpadu, který se shromažďuje v kanálech pod nimi (Chiumenti 2004). Tyto systémy vykazují nižší účinnost, při odstraňování pevných látek, které mají tendenci se hromadit na povrchu podlahy. To vede případným ucpáváním otvorů v podlaze a následně snížením její funkčnosti. Možné řešení těchto problémů je využití, stejně jako v případě pevné podlahy, mechanických lopat s negativními dopady z hlediska energie a nákladů (Chiumenti et al. 2018).

Robotické shrnovače (RS) představují naopak nejnovější technologii stájových čistících systémů nabízených v komerčním měřítku. RS se používají hlavně na roštových podlahách. Usnadňují odstraňování pevné frakce stájového odpadu z podlah, která se dostává do odváděcích kanálů pod rošty obtížněji než moč (Markus & Thorsten 2013). Toto inovativní řešení nebylo dosud důkladně prozkoumáno, zejména s ohledem na environmentální aspekty (Chiumenti et al. 2018).



Další variantou je, že podlaha stáje může být udržována například pomocí automatického shrnovacího robota Discovery (Lely, Nizozemsko), který se stará o čistotu podlahy. Je samohybný a poháněný elektromotory připojenými k 12V gelové baterii. Robot provádí čištění podlahy prostřednictvím šikmého škrabáku instalovaného v přední části stroje, který funguje tak, že tlačí chlévskou mrvu proti podlaze a umožňuje mu propadávat otvory (rošty). Rychlost postupu je 9-18 m/min a provozní 880 mm. Robot je vybaven ultrazvukovým senzorem pro navádění podél stěn a je doplněn předním prstencem, pro změnu směru při detekci čelního objektu (Chiumenti et al. 2018), jak je uvedeno na obrázku 10.



Obrázek 10. Robotická škrabka na betonové roštové podlaze (Chiumenti et al.2018).

#### 6.4 Nastýlací robotická technologie

Mezi nejnovější automatizace pro nastýlání boxových loží, patří nastýlací robot, který využívá pro svůj pohyb kolejnicového vedení nad lehacími boxy. Pro robotické nastýlání podestýlky lze zvolit buď slámu, či separát. Robot je zcela naprogramovatelný, dokáže rozptýlit materiál podestýlky na určené místo a v daný čas (Ježková 2019).

Například nastýlací robot FlyPit 2v1 obrázek 11, je určen na zastýlání, ale najde využití i jako krmný robot. Zajišťuje správný způsob zastýlání a udržuje lehací místa suchá a tím pádem zvyšuje hygienu a pohodlí zvířat. Jediná práce pro obsluhu spojená se zastýláním je plnění řezacích boxů balíky steliva, které jsou následně postupně frézovány a řezány patentovaným řezacím systémem. Nařezaná sláma je pak distribuována buď přímo nebo pomocí dopravníků do zastýlacího robota. Robot, ale lze plnit i přímo bez potřeby řezacích boxů. Následně díky kolejnicím pokryje FlyPit celou plochu kotců čerstvým stelivem několikrát denně nebo podle nastavení chovatele (Vracek 2021).



Obrázek 11. Zastýlací robot FLYPIT (Vracek 2021).

## 7 Mikroklima ve stáji

Při posuzování mikroklimatu ve stáji je třeba vzít v úvahu různé aspekty, jako jsou: plemeno, věk, produkce, typ ustájení a intenzita působení některých faktorů mikroklimatu ve stáji. Také je důležitá nadmořská výška farem a region chovu dobytka (Mijić et al. 2010). Některé parametry nelze sledovat samostatně, ale musí se brát v úvahu jejich vzájemné interakce. Kromě toho je důležitý způsob a návrh větrání, velikosti oken a dalšího technického zařízení, které se nachází ve stáji, stejně jako množství zvířat. Nejdůležitější parametry mikroklimatu ve stáji jsou: proudění a teplota vzduchu, relativní vlhkost, rychlost větru, světlo a koncentrace škodlivých plynů (Grantner et al. 2011; Mijić 2013).

Široké využití digitálního inženýrství otevírá velké možnosti pro chov hospodářských zvířat a zlepšování mikroklimatu. Teplota vzduchu je pro organismus zvířat nejvýznamnějším ovlivňujícím faktorem. Příjemná teplota umožňuje dosáhnout vysoké produkce zvířat, odolnost, hospodárnost krmení a dalších ekonomicky významných vlastností. Například v horkém období má, venkovní teplota nad 25-30 °C, negativní vliv na produkci všech druhů zvířat (Ivanov et al. 2020).

Teplota nad 25-20 °C způsobuje tepelný stres, který je definován jako událost, která ovlivňuje homeostázu a zdraví zvířete v důsledku fyziologicky škodlivé tepelné zátěže (Gaughan et al. 2012). Dobré životní podmínky a pohodlí dojníc jsou stále více považovány za morální a praktické zájmy, zejména ve vyspělých zemích (Silanikove 2000). Za podmínek tepelného stresu může být optimální welfare dojníc narušen sníženým příjmem krmiva, dobou odpočinku a přežvykování (Grant 2012). Nepohodlí zvířat způsobené tepelným stresem je primární příčinou ztrát produkce v celosvětovém mlékárenském průmyslu, zejména u vysokoprodukčních krav (Thatcher et al. 2010; Ji et al. 2020).

Prvním předpokladem k redukci tepelného stresu je stájový objekt s izolovanou střechou, která je prevencí pronikání slunečního záření do stájového prostoru. Nadále snížení tepelného stresu u skotu lze dosáhnout především technickými úpravami chovného prostředí, ale také opatřeními z hlediska změn ve výživě, krmení a technickými (fyzikální) úpravami prostředí mezi, které patří mechanické a evaporační ochlazování (Ježková 2021).

Nevýhodou mechanických ventilátorů je jejich provoz, který stojí v průměru dvakrát tolik než přirozená ventilace. Provozní náklady v teplejších podnebí USA byly přibližně

dvojnásobné než v mírnějších podnebních. Výběr ventilátoru s nízkou energetickou účinností může zvýšit provozní náklady jakéhokoli ventilačního systému přibližně dvojnásobně, takže výběr ventilátoru je kritickým konstrukčním prvkem

Je důležité zlepšit spotřebu energie prostřednictvím vylepšené technologie řízení ventilačních systémů, ale mlékárenský průmysl je ve fázi, kdy zajištění toho, aby byl pro každý systém používán nejúčinnější ventilátor a aby byl dodržován správný protokol údržby, převažuje nad ostatními metodologiemi úspory energie. Mnoho potenciálních úspor ve spotřebě energie bylo zastíněno výběrem ventilátoru, který měl největší vliv na rozptyl provozních nákladů (Mondaca & Cook 2019).

## 7.1 Ventilace

Použití přirozeného větrání je vždy zkoumáno z různých aspektů, jako jsou konstrukční vlastnosti, orientace a umístění zařízení. Pokud však místo stavby stáje neposkytuje vhodné podmínky pro přirozené větrání, je vhodné použít mechanické větrání a měly by být použity ventilační systémy, aby byly zajištěny odpovídající podmínky pro pohodlí zvířat (Oliveria et al. 2020).

Správně navržený ventilační systém by měl odvádět teplo, vlhkost a plynné emise ze stáje přiváděním čerstvého vzduchu přiměřenou rychlostí (Drewry et al. 2018; Mondaca et al. 2019). Z hlediska směru proudění vzduchu jsou hlavními typy mechanických ventilačních systémů ve stájích pro dojnice tunelové a příčné ventilační systémy (Atkins et al. 2016; Pakari & Ghani 2021).

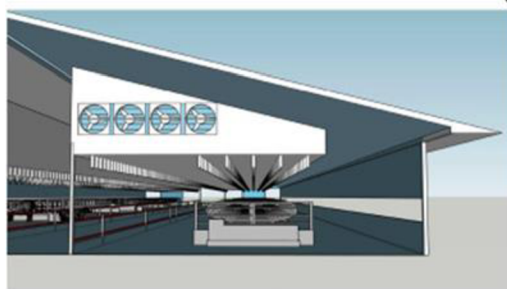
Tunelová ventilace je stále populárnější přístup ke zmírnění účinků tepelného stresu na dojný skot. Stodoly s tunelovou ventilací používají řadu vysoce výkonných ventilátorů k horizontálnímu pohybu vzduchu z jednoho konce stáje na druhý na úrovni krav. V tomto systému velké ventilátory (průměr 1,21 až 1,83 m) zajišťují pohyb vzduchu stáji rychlostí 121 až 183 m za minutu. Taková rychlost vzduchu je dostatečná, aby poskytla správný efekt chlazení větrem, který krávy ochlazuje prouděním. Celý průchod vzduchu je umístěn na jedné krajní stěně stáje, přičemž všechny ventilátory jsou umístěny na druhé straně stáje, na opačném konci. Nízké střechy nebo přepážky nebo obojí udržují krávy vystaveny proudění vzduchu. Když je vzduch protahován stáji, odvádí vlhkost, protože kráva odvádí teplo odpařováním vody z kůže (Toledo et al. 2022).

Jako další ventilaci je možné zařadit systém nazvaný přesná ventilace s pozitivním tlakem (PPPV). Studie Jung et al. (2023) hodnotí navrhovaný chladicí systém (PPPV), který by v případě účinnosti, mohl přesně dodávat proudy čerstvého vzduchu každému zvířeti ve stáji. A pomocí inovativní pozitivní tlakové technologie, by mohl dodávat čerstvý vzduch požadovanou rychlostí pro určité oblasti uvnitř stáje dojníc. Navrhovaný rozsáhlý systém PPPV, je navržen pro 200 a vícečetné stádo krav. Řízen je rozdílem mezi tlakem v přetlakové komoře a tlakem okolní atmosféry. Jak je znázorněno na obrázku 12, a) Schéma navrhované stáje pro dojnice, s přetlakovou podkrovní komorou vybavenou systémovými ventilátory na koncových stěnách a potrubím z PVC, které se rozšiřují směrem dolů k zóně obsazené zvířaty (AOZ). (b) Výkresy znázorňující PVC trubky, které se rozšiřují směrem nahoru do podkroví/přetlakového prostoru pro umístění vrstvy izolace a (c) směrem dolů do těch prostor, kde krávy tráví většinu času. Ventilátory namontované na čelních stěnách nebo v podkrovních

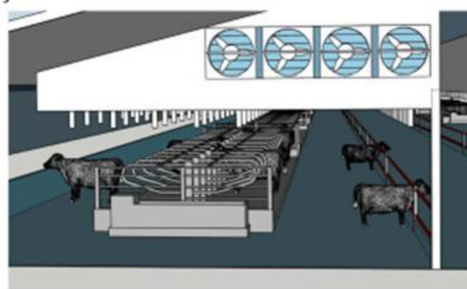
vikýřích přetlakuji přetlakovou komoru čerstvým vzduchem. Plocha průřezu přetlakové komory by měla mít takovou velikost, aby umožňovala dostatečně minimalizovat vnitřní rychlost vzduchu a vytvářela proudy vzduchu o požadované a stejné rychlosti u každé trysky po celé její délce. Trubky s tryskami (snadno dostupné a levné PVC trubky) jsou umístěny podél spodního povrchu přetlakové komory ve specifikovaných místech, přímo nad krmnými a odpočinkovými oblastmi. Kromě toho by trysky a součásti systému ventilátoru mohly být modulární, aby se optimalizoval objem a směr každého proudy vzduchu, který vychází z každé trysky. Pomocí kombinací statického tlaku přetlakové komory a parametrů konstrukce trysky, jako je délka, průměr a úhel, by bylo možné řídit průtoky a rychlosti jednotlivých proudů vzduchu v cílových bodech se značnou přesností. Také kumulativní proud vzduchu vycházející ze všech trysek v systému by měl být schopen pohybovat dostatečným množstvím vzduchu přes celou stáj, a tak zabránit hromadění tepla a škodlivých plynů. Nahromaděný vzduch by měl být odváděn pasivně přes otevřené hřebeny a boční stěny (stejným způsobem jako z tradičních přirozeně větraných stájí) nebo by mohl být odváděn s neutrálním tlakem do vzduchu. Výsledky této studie ukazují, že systém PPPV může poskytnout životaschopnou novou strategii pro překonání ekonomických a chladicích nedostatků tunelových a příčných ventilačních systémů, které se v současnosti používají ve velkokapacitních chovech dojnic. Principem je generování stejnoměrných proudů čerstvého vzduchu, které se pohybují ve vertikálním směru z horní přetlakové komory přímo dolů, aby ochlazovaly krávy ve stájích pod nimi. Měly by být odstraněny problémy s vychylováním a oblasti s nedostatečnou rychlostí chlazení v AOZ. Ventilátory, které vytvářejí tlak v komoře, by přiváděly čerstvý vzduch zvenčí spíše než vlhký a částicemi zatížený vzduch recirkulovaný zevnitř nebo z horní části stáje, jak je tomu u tradičních systémů. Nejenže PPPV by mělo zajistit dojnícím zdravější prostředí, ale také by mělo snížit náklady na údržbu ventilátoru (Jung et al. 2023).



(a)



(b)



(c)

Obrázek 12. Stáj pro dojnice s ventilací PPPV, A) průduchy, B) systémový ventilátor, C) dveře do průduchů, D) Otevření boční stěny, E) krmná chodba, F) Pruh pro krmení, G) Volné stání (Jung et al. 2023).

Dalšími ventilátory jsou například ECV ventilátory VES Artex s lamelami pro odstranění tepelného stresu. ECV (Effective Cooling Velocity) je patentovaná technologie vertikálních ventilátorů s lamelami směřujícími čerstvý chladný vzduch přímo ke zvířatům, neochlazujícími pouze budovu. Ventilací lamelový systém zvyšuje úroveň ustájení a welfare. Mezi jeho hlavní přednosti patří snižování tepelného stresu, respektive škodlivých plynů ve stáji a udržování suchých „postýlek“ zvířat. Současně pomáhá snižovat výskyt hmyzu, ale také mastitid a pneumonií. S fotovoltaickými solárními panely na střeše stáje pro zajištění energetické soběstačnosti tvoří ideální kombinaci šetrnou k životnímu prostředí. Ta v letních dnech plně využívá sluneční záření a současně snižuje tepelný stres, který snižuje užitkovost, reprodukci a zhoršuje zdravotní stav zvířat (Hruška 2023).

## 7.2 Odvod stájových plynů

Stavby pro hospodářská zvířata jsou hlavním zdrojem emisí amoniaku ( $\text{NH}_3$ ), metanu ( $\text{CH}_4$ ), oxidu dusného ( $\text{N}_2\text{O}$ ) a oxidu uhličitého ( $\text{CO}_2$ ). Amoniak je zodpovědný za eutrofizaci a acidifikaci půdy, zatímco  $\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_4$  a  $\text{N}_2\text{O}$  jsou identifikovány jako skleníkové plyny, které přispívají ke globálnímu oteplování. V oblastech s mírným klimatem jsou tradiční budovy pro dojnice obecně větrány přirozeně. Přirozeně větrané budovy pro dojnice (NVD) mají obvykle velké boční otvory a střešní a/nebo hřebenové otvory. Vzduch je poháněn větrem nebo vztlakovou silou, takže ventilátory nestojí žádnou energii. Ovšem udržování vhodných tepelných podmínek v budovách s přirozeným větráním (NV) za chladného počasí je náročné kvůli obtížnosti řízení proudění vzduchu. Kromě toho je extrémně obtížné (téměř nemožné) čistit odpadní vzduch z budov dojníc systémem NV, což má za následek, že čpavek a další kontaminující plyny jsou odváděny přímo do atmosféry. Alternativou pro snížení pachových emisí v budovách živočišné výroby je systém mechanického větrání (MV) pomocí ventilátorů (Rong et al. 2014).

Ventilátory slouží k vytvoření čerstvého vzduchu a k jeho proudění a výměně. Čerstvý vzduch dodává zvířatům kyslík a odstraňuje teplo, vlhkost a nečistoty ze vzduchu ze stáji. Potřebné množství výměny vzduchu závisí na velikosti zvířete, hustotě osazení, druhu a teplotě přiváděného vzduchu (Casey et al. 2008).

Však primární nevýhodou systému mechanického větrání je spotřeba energie a hlučnost. Čištění celého objemu větracího vzduchu navíc vyžaduje vysoké investiční a provozní náklady (Rong et al. 2014).

Ke snížení emisí vyvinula společnost Lely systém Lely Sphere, který zvyšuje přesnost kejdy jako hnojiva, a zároveň pomáhá snížit emise amoniaku až o 77 %. Sphere není jeden stroj, je to celkový koncept koncové kapsle v kombinaci s kolektory a pásy v lamelové podlaze, obrázek 13. Funguje tak, že močůvka proudí separačními odtokovými kanálky rozestými pravidelně po celé ploše podlahy do jímky, zatímco hnůj zůstává na podlaze. Již zde dochází ke snížení emisí, protože okamžitý odtok močůvka zabraňuje tvorbě amoniaku ve stáji. Hnůj je sbírán a následně vysypán robotickým sběračem Lely Discovery, do sifonu, který napomáhá k utěsnění vzduchu v jímce (McDonnell 2023).



Obrázek 13. Lely Sphere (McDonnell 2023).

### 7.3 Zvlhčovače vzduchu

Dalšímu zkvalitnění klimatu a ochlazování ustájených zvířat napomáhají rotační sprejové zvlhčovače vzduchu. Automatické ventilátory či zvlhčovače vzduchu pracují na základě údajů ze senzorů rozmístěných uvnitř i vně stáje. Včas identifikují narůstající hodnoty negativních vlivů stájového prostředí, které vytvářejí tepelný stres a následně aktivují technologická zařízení, která tento stres zmírňují (větrání, zkrápění) (Šístková et al. 2021).

Tyto prvky jsou vybaveny automatickým řízením, které zajišťuje správný režim provozu ve stáji. Jedná se o vzdálenou správu a ovládání vzduchotechniky. Program pro PC s připojením k řídicím jednotkám vzduchotechniky, umožňuje komfortní grafické rozhraní pro nastavení, respektive kontrolu a archivaci dat provozních údajů vzduchotechniky bez přítomnosti ve stáji (AGRICO 2024).

### 7.4 Osvětlení

Bylo zjištěno, že správně zvolené osvětlení má pozitivní vliv na zdravotní stav, plodnost a metabolismus, poskytuje zvýšení produktivity zvířat, ale je energeticky náročné (Loshkarev et al 2019). Pomocí správně nastaveného umělého osvětlení jsou imitovány dlouhé letní dny. Zároveň je zvýšená přirozená aktivita krav, což přispívá k vyššímu příjmu potravy ke zvýšení dojivosti, a tím i ke snížení výrobních nákladů (Loshkarev et al 2019).

I proto automatizace řízení osvětlení ve stáji je velice důležitá. Jako problematické se jeví náhlé zapínání a vypínání osvětlení v průběhu dne. Zvířata na toto reagují vesměs neadekvátně! Nepravidelnostem v používání umělého osvětlení stáje může chovatel efektivně předcházet, a to za použití automatického řídicího systému. Automatický řídicí systém, je naprogramován na požadovanou úroveň intenzity osvětlení. Nastavení ve stáji může být i na pouhé orientační světlo. Pomocí senzorů – čidel je reagováno na změny úrovně osvětlení v příslušných prostorech, buď aktivací nebo naopak deaktivací osvětlení. Pokud dochází v

průběhu dne k nárůstu denního osvětlení, pak čidla na tuto skutečnost reagují pozvolným stmíváním umělého osvětlení, a to až do jeho vypnutí. Počet čidel ve stáji je závislý na rozponu a uspořádání produkční stáje. Obecně u dvouprostorové stáje (obrázek 14), která je vybavena 6 řadami zářivkových těles postačují 3 čidla. Dvě čidla se mohou umístit nad boxová lože, případně hnojnou chodbu tak, aby byla zaznamenávána skutečná intenzita osvětlení v dané části stáje. Poslední, třetí čidlo lze umístit nad střed krmného stolu. Každé čidlo tak samostatně řídí dvě řady zářivkových těles. Jednou z možností, jak automatický řídicí systém ještě vylepšit je využití stmívatelného, nebo stmívacího elektronického předřadníku. K výhodám tohoto předřadníku patří žádoucí plynulost při rozsvěcování a zhasínání („skokové“ osvětlení je pro krávy nepříjemné), stabilní provoz zářivek bez kmitání, jejich delší životnost a v neposlední řadě i úspory energie (Doležal 2023).



Obrázek 14. Dvouprostorová stáj s 6 řadami světel (Doležal 2023).

## 8 Další vybavení stáje

### 8.1 Vany pro koupele paznehtů

Na robotických mléčných farmách se běžně používají tři způsoby koupání končetin. Strategické použití efektivního rutinního koupání nohou je spojeno s nižším výskytem kulhání (Chapinal et al. 2013).

Bylo zjištěno, že koupací vany s dezinfekcí na nohy umístěné ve výstupních uličkách dojících boxů snižují počet dojení, a to buď proto, že krávy nechtějí navštěvovat robota s přítomnou lázní na nohy, nebo proto, že delší časy výstupu z dojícího boxu zkracují volný čas. Toto umístění také vede k tomu, že časté návštěvnice robota projdou mnohem vícrát přes lázeň, což pro ně může být škodlivé a zvyšuje to i náklady na používané chemické látky pro koupele končetin. Alternativní metoda koupání nohou využívá velkou vanu umístěnou, co nejdále od dojícího boxu. Vana je využívána v celé šířce v místě crossoveru (křížení) chodeb, které mohou využívat všechny skupiny ve stáji. Sklopná vana lze umístit vertikálně na konci řady volných boxů a v případě potřeby ji spustit a naplnit. Jakmile je vana naplněna, skupiny

krav se pomalu prohání vanou 1 až 2krát týdně. Ačkoli tento postup krávy ruší, udržuje to agresivní chemické látky mimo prostor dojení. Při menším vystavení výkalům a moči působí chemické látky lépe a počet přechodů na krávu je rovnoměrný. Ideální místo pro lázeň na nohy je v oddělovací chodbě vedle výstupní uličky robota. To umožňuje strategičtější využití, protože jednotlivé krávy mohou být tříděny přes koupací vanu na nohy s frekvencí řízenou počítačem, a nevyžaduje to žádnou práci kromě naplnění lázně a naprogramování počítače (Rodenburg 2017). Například automatická vana FOOT-WASH Plus zajišťuje automatické počítání krav. Po průchodu nastaveného počtu krav se automaticky rychle vypustí a podlaha vany je omyta silným proudem vody. Následně se opět napustí čistou vodou, do které je možné přidat dávkovačem produkt na dezinfekci paznehtů (Eurofarm systems 2024).

## **8.2 Drbadla**

Na mléčných farmách mají dojnice často k dispozici mechanické kartáče, které zlepšují welfare dojnicím. Pomáhají k ošetřování a odstraňování nečistot a parazitů z kůže. Zvýšená péče o pokožku zlepšuje zdraví a snižuje riziko onemocnění. Naproti tomu omezení péče o srst je jedním z typů koordinovaného souboru chorobného chování, a proto může být citlivým indikátorem zdravotních problémů. Přístup ke kartáči se zdá být pro skot důležitým, protože krávy jsou ochotny vynaložit stejnou váhu, aby získaly přístup ke kartáči jako přístup k čerstvému krmivu. I proto péče o srst byla také navržena jako potenciální pozitivní ukazatel welfare, což naznačuje, že krávy, které mají přístup k mechanickému kartáčku, mohou mít příjemné zážitky (Foris et al. 2023).

### **8.2.1 Elektrická drbadla**

Kartáče mají mnoho různých typů pro různé účely. Některé typy obsahují masážní tekutiny, které chrání dojnicím zdraví pokožky a chrání je před některými parazity. Kartáče jsou navrženy tak, aby byly chráněny proti prachu a vodě, z důvodu použití ve stáji. Jsou vyrobeny z trvalého plastu s tuhostí, která nebude dojnici dráždit ani zraňovat. Systém se skládá z nastavitelného nosného rámu ve tvaru písmene L (pro montáž na stěnu nebo sloup), dále z nosné pružiny mezi rámem, vertikálního kartáče, který je v kontaktu s dojnicí a z elektrického motoru (Goncu et al. 2019).

Mezi elektrická drbadla se řadí rotační a kyvné kartáče. Rotační kartáče na krávy mají kartáč, který se otáčí na vodorovném rameni připojeném k motoru, který se otáčí doleva a doprava (45°). Rotace se aktivuje, když krávy pohnou kartáčem a pokračují, dokud nezůstane rameno po určitou dobu vodorovně. Rotační kartáč na krávy, lze snadno připevnit na stěnu nebo podpěru. Pohání jej 250 W elektrický motor, řízený mikroprocesory, který se sám automaticky zastaví. Pokud kráva odejde nebo se něco zachytí v kartáči (Goncu et al. 2019).

Kyvné kartáče se volně houpají do všech směrů, plynule nahoru, nad a vedle krávy. Otáčení začíná, když kráva tlačí na kartáč a pokračuje v otáčení, dokud nezůstane po určitou dobu ve svislé poloze (Goncu et al. 2019).



### 8.2.2 Stacionární kartáče

Stacionární kartáče mohou být ekonomičtější variantou než mechanická rotační drbadla. I když jsou rotační drbadla navrženy tak, aby umožnily skotu ošetřovat hůře dostupné oblasti těla (tj. hřbetu), mladý skot si ve srovnání s jinými oblastmi těla spíše volí kartáčování hlavy a krku, bez ohledu na typ drbadla. Stacionární kartáčky poskytují výstup pro orální manipulaci, což u mechanických kartáčků nebylo popsáno. Kromě péče o srst je toto chování důležité, zejména u mladého skotu, u kterého bylo prokázáno, že poskytování stacionárních kartáčů snižuje abnormální orální chování při sání hrazení kotců a koulení jazyka (Reyes et al. 2022).

Stacionární kartáče se skládají z vodorovného kartáče a vertikálního kartáče. Některé modely mají specifický vzor, který lze nastavit podle velikosti krávy, což umožňuje použití u různě velkých krav ve stádě (Goncu et al. 2019).

## 9 Závěr

V literární rešerši jsou popsány základní pracovní operace v chovu dojnic, které nahrazují automatizované systémy (roboti). Mezi základní pracovní operace patří krmení dojnic, které již v mnoha stájích bývá zajištěno pomocí krmného robota AFS. Automatizovaný krmný robot dokáže dojnicím zajistit přesnou krmnou dávku dle jejich potřeby a napomáhá ke snížení ztrát krmiva. Všechny operace AFS od nakládky jednotlivých komponentů KD, až do založení krmiva na krmný žlab, probíhá pomocí propojení počítače a softwarů. Jednou z výhod, kterou má například krmný robot DairyFeed F4500, je snížení uhlíkové stopy. Snížení uhlíkové stopy bylo prokázáno, díky správné a vyvážené KD. Dalšími cennými roboty jsou přihrnovače krmiva, u kterých byl prokázán vliv na zvýšení produkce mléka. Přihrnovače krmivo přihrnou, načechrají a některé i posypou jadrným krmivem a zajišťují tak dojnicím stále atraktivní KD na žlabu. Ovšem kromě základních krmných systémů TMR, je často využíváno příkrmování jadrného krmiva v krmném boxu. Zde krmivo pomáhá k přilákání dojnic do boxu a zároveň umožňuje přesné dávkování množství jadrného krmiva dle jejich individuální potřeby. Automatizované systémy krmení, jsou pro mléčné chovy ideálním řešením k ušetření práce a při správné údržbě i peněz.

V procesu dojení dojnic je využíván dojící robot nebo robotická dojírna. Jak samostatný robot nebo robotická dojírna fungující pomocí více robotů najednou, každou krávu podojí a pomocí propojení s počítačem, dodá chovateli přesné záznamy. Velkou výhodou jsou senzory pro měření elektrické vodivosti nebo senzory pro počet somatických buněk. Díky těmto sensorům je možné snadno odhalit mastitidu a zamezit zhoršení kvality dodávky mléka pro mlékárnu. Pomocí včasné detekce mastitidy se oddělí nestandardní mléko a zahájí se potřebná léčba. Navíc bylo zjištěno, že pomocí AMS je dosaženo častějšího dojení, a to napomáhá k zvýšení produkce především na začátku laktace. AMS také pomáhají zlepšit tělesnou kondici krav pomocí jadrného krmiva, podávaného dojnicím v boxu podle jejich produkce. Samozřejmě kromě výhod má robotický systém dojení i nevýhody. Jednou z nich je vysoká pořizovací cena nebo menší snížení obsahu složek mléka například tuku a bílkovin. Při využití těchto systémů byla zjištěna i tendence k nárůstu subklinické ketózy. Důvodem byl nárůst počtu dojení a produkce na začátku laktace, kde se krávy snadno dostaly do záporné energetické bilance. Robotické dojení má své výhody i nevýhody, důležité je však že výhody převažují, a především usnadňují práci chovatelům.

Automatizované systémy jako je pedometr a akcelometr napomáhají k určení říji dojnice. Bolusy pro sledování pH v bachoru jsou také často používanými systémy v chovatelsky rozvinutých zemích. Bolusy kromě pH monitorují teplotu bachoru a byli především vynalezeny pro včasnou detekci subakutní klinické acidózy (SARA). SARA ovlivňuje funkci bachoru, snižuje pH střeva, tím pádem dojnice snižuje příjem krmiva a může dojít k průjmu, zánětu vemene, laminitidě (schvácení paznehtů), kulhání dojnic či k jaternímu abscesu. Tudiž bylo prokázáno, že bolusy jsou velmi užitečné pro monitoring zdraví dojnic. Výhodnou technologií je i poziční systém, který přesně ukáže chovateli kde se plemence nachází. Poziční systém má výhodu především ve velkých stádech, kdy chovatel nemusí dojnici hledat, ale systém mu přesně ukáže, kde se nachází.

Nadále k usnadnění práce chovatelům je nutno zvolit správné systémy ustájení. Ustájení by mělo být výhodné především pro pohodlí dojnic, které potřebují především klidné a čisté

stání. Byly provedeny studie, které jednoznačně nepotvrdily, zda jsou lepší v boxových ložích matrace, písek nebo organická podestýlka. Nicméně v současné době se v nově stavěných, nebo rekonstruovaných stájích používají gumové matrace nebo vodní matrace. Důvodem je snadnější práce s odstraňováním chlévské mrvy. Z tohoto důvodu jsou i často používané roštové podlahy, kde jsou využity robotické shrnovače, které usnadňují odstranění pevné frakce stájového odpadu skrz rošty.

Stálým problémem je a bude mikroklima. Především horké letní počasí, vysoké teploty a nedostatek čerstvého vzduchu má za následek snížení produkce dojnic. Tudiž je důležité, aby ventilace zajistila v letních obdobích dostatečné proudění vzduchu, odváděla teplo, vlhkost a plynné emise. Ke snížení emisí se používaly a stále používají mechanické ventilátory. Nově však lze aplikovat automatizovaný systém Lely Sphere od firmy Lely, který má snižovat plynné emise ve stájích a zároveň má být schopen vyrábět kvalitní organické hnojivo. Dalším faktorem ovlivňující produkci dojnic je osvětlení. Řešením je používání automaticky řízených systémů, které upravují umělé osvětlení ve stáji, podle venkovního světla. Dojnicím je tak dopřán požadovaný klid, pohoda a chovatelům ušetřené peníze. Jednou z dalších výhod dnešních technologií je možnost zamezit mnoha onemocněním. Například problémům s kulháním dojnic lze předejít pomocí van na koupání paznehtů. A pro ošetření kůže bývají použita drbadla, která jsou pro dojnice i formou zábavy.

Závěrem lze říci, že každý systém má své výhody i nevýhody, ale důležité je, že ve většině převažují výhody. Robotické systémy jsou stále zdokonalovány a čím dál více napomáhají chovatelům. Zároveň zlepšují welfare, jelikož například automatický krmný vůz zajistí správnou krmnou dávku několikrát denně. Dojící robot umožňuje kravám, aby si sami řídili čas dojení a robotický shrnovač na chlévskou mrvu je rozhodně tiší než traktor. Ovšem jednou z největších výhod, kterou automatizované systémy přináší, je možnost zpracování a shromáždění velkého počtu dat. Data jsou získány pomocí propojení softwarových systému s počítačem, kde si chovatel snadno najde nebo zjistí o dojnicích vše co potřebuje. Kromě usnadnění práce mají automatizované systémy vliv i na snížení počtu nekvalifikované pracovní síly, jelikož většinu její práce nahradí právě roboti. V zemědělství byly, jsou a budou roboti důležitými a užitečnými systémy.

## 10 Literatura

Abdela N. 2016. Sub-acute Ruminant Acidosis (SARA) and its Consequence in Dairy Cattle: A Review of Past and Recent Research at Global Prospective. *Achievements in the life Sciences* **10**:187-196.

AGRICO. Stájová technika. 2024. Available from <https://www.agrico.cz/uploads/soubory/chov-skotu-stajove-klima.pdf>.

AGROPRESS.cz. 2022. Podlaha Delta Diam podporuje přirozený a bezpečný pohyb dojnic. Available from <https://www.agropress.cz/podlaha-delta-diam-podporuje-prirozeny-a-bezpecny-pohyb-dojnic/> (accessed May 2022).

Ali A, Mustafa MI, Bilal MQ, Muhammad G, Lateef M, Ullah S. 2015. Effect of watering frequency on feed intake, milk production and composition in sahiwal cattle during summer. *The journal of Animal & Plant Science* **25**:19-22.

Alsaad M, Niederhauser JJ, Beer G, Zehner N, Schuepbach-Regula G, Steiner A. 2015. Development and validation of novel pedometer algorithm to quantify extended characteristics of the locomotor behavior of dairy cows. *Journal of Dairy Science* **98**:6236-6242.

Alvarez JR, Arroqui M, Mangudo M, Toloza J, Jatip D, Rodríguez JM, Teyseyre A, Sanz C, Zunino A, Machado C. 2018. Body condition estimation on cows from depth images using convolutional neural networks. *Comput. Electron. Agric* **155**:12-22.

Ambriz-Vilchis V, Jessop NS, Facett RH, Shaw DJ, Macrae AI. 2015. Comparison of rumination activity measured using rumination collars against direct visual observations and analysis of video recordings of dairy cows in commercial farm environments. *Journal of Dairy Science* **98**:1750-1758.

Atkins I, Choi C, Holmes B. 2016. Dairy Cooling: The benefits and strategies. Department of Biological Systems Engineering, Wisconsin.

Bach A, Devant M, Igleasias C, Ferre A. 2009. Forced traffic in automatic milking systems affectively reduces the need to get cows, but alters eating behavior and does not improve milk yield of dairy cattle. *Journal of Dairy Science* **92**:1272-1280.

Bach A, Cabrera V. 2017. Robotic milking: feeding strategies and economic returns. *Journal of Dairy Science* **100**:7720-7728.

Baloun P. 2019. Příhrnovač, který také načechrává. *Náš chov*. Profi Press, Praha. Available from <https://naschov.cz/video/prihrnovac-ktery-take-nacechrava/> (accessed May 2019).

- Bar-Peled U, Maltz E, Bruckental I, Kali Y, Gacitua H, Lehrer AR, Tagari H. 1995. Relationship between frequent milking or suckling in early lactation and milk production of high producing dairy cows. *Journal of Dairy Science* **78**:2726-2736.
- Banerjee GC. 2009. A textbook of animal husbandry. 8th Edi. Oxford and IBH publishing Co. Pvt. Ltd. New Dehli.
- Beede DK. 2005. The most essential nutrient: Water. Pages 13–32 in Proc. 7th Western Dairy Management Conf., Reno, NV. Kansas State Univ. Manhattan.
- Bell MJ, Maak M, Sorley M, Proud R. 2018. Comparison of methods for Monitoring the Body Condition of Dairy Cows. *Frontiers in sustainable food systems* **2**:80.
- Bewley JM, Grott MW, Einstein ME, Schutz MM. 2008 Impact of Intake Water Temperatures on Reticular Temperatures of Lactating Dairy Cows. *Journal of Dairy Science* **91**:3880-3887.
- Borchers M.R. Chang Y.M. Tsai I.C. Wadsworth B.A. Bewley J.M. 2016. A validation of technologies monitoring dairy cow feeding, ruminating, and lying behaviors. *Journal of Dairy Science* **99**:7458-7466.
- Bodit Tachov s.r.o. 2021. Cow connect – unikátní systém pro jednoduchý management krmení. Available from <https://www.bodit.cz/aktuality/cow-connect-unikatni-system-pro-jednoduchy-management-krmeni> (accessed February 2021).
- Bogucki M, Sawa A, Neia W. 2014. Effect of changing the cow milking system on daily yield and cytological quality of milk. *Acta Scientiarum Polonorum. Zootechnica* **13**(4):17-26.
- Borchers M.R. Chang Y.M. Tsai I.C. Wadsworth B.A. Bewley J.M. 2016. A validation of technologies monitoring dairy cow feeding, ruminating, and lying behaviors. *Journal of Dairy Science* **99**:7458-7466.
- Brehme U, Stollberg U, Holz R. 2008. ALT pedometer-New sensor-aided measurement system for improvement in oestrus detection. *Computers and Electronics in Agriculture* **62**:73-80.
- Buck M, Friedli K, Steiner B, Gygax L, Wechsler B, Steiner A. 2013. Influence of manure scrapers on dairy cows in cubicle housing systems. *Livestock Science* **158**:129-137.
- Bugueiro A, Fouz R, Camino F, Yus E, Diéguez F.J. 2019. Robot milking and relationship with culling rate in dairy cows. *Animal* **13**(6):1304-1310.
- Cardot V, Roux Y, Jurjanz S. 2008. Drinking Behavior of Lactating Dairy Cows and Prediction of Their water intake. *Journal of Dairy Science* **91**:2257-2264.

Carregosa I, Almeida O. 2015. O Robot de ordenha e a Lely 20 anos depois... a ordenha automática é realmente voluntária? Retrieved from <http://www.agronegocios.eu/noticias/o-robot-de-ordenha-ea-lely-20-anos-depois-a-ordenha-automatica-erealmente-voluntaria/> (accessed January 2015).

Casey KD, Gates RS, Wheeler EF, Xyn H, Liang Y, Pescatore AJ, Ford MJ. 2008. On-Farm Ventilation Fan Performance Evaluations and Implications. *Journal of Applied Poultry Research* **17**(2):283-295.

Cerri RLA, Burnett TA, Madureira AML, Silper BF, Denis-Robichaud J, LeBlanc S, Cooke RF, Vasconcelos JLM. 2021. Symposium overview: Linking activity and physiology sensor data to improve dairy cow fertility. *Journal of Dairy Science* **104**:1220-1231.

Da Borso F, Chiumenti A, Sigura M, Pezzuolo A. 2017. Influence of automatic feeding systems on desing and management of dairy farms. *Journal of Agricultural Engineering* **48**:48-52.

Dado RG, Allen MS. 1995. Intake Limitations, Feeding Behavior, and Rumen Function of Cows Challenged with Rumen Fill from Dietary Fiber or Inert Bulk. *Journal of Dairy Science* **78**:118-133.

Dahl GE, Wallace RL, Shanks RD, Lueking D. 2004. D. Hot topic: effects of frequent milking in early lactation on milk yield and udder health. *Journal of Dairy Science* **87**:882-885.

DeLaval. 2024a. Delpro a napájecí automat pro teleta. Available from <https://www.delaval.com/cs/zjistete-vice/vice-informaci/delpro-a-napajeci-automat/> (accessed February 2024).

DeLaval. 2024b. DeLaval Delpro Farm Manager. Available from <https://www.delaval.com/cs/Zjistete-vice/vice-informaci/delpro2/> (accessed March 2024).

DeLaval. 2024c. Automatické hodnocení kondice na mléčných farmách pomocí DeLaval kamery BCS. Available from <https://www.delaval.com/cs/zjistete-vice/novinky/automaticke-hodnoceni-telesne-kondice-na-mlecnych-farmach-pomoci-delaval-kamery-bcs/> (accessed March 2024).

DeLaval. 2024d. DeLval Optimat™ Master. Available from <https://www.delaval.com/en-za/discover-our-farm-solutions/feeding/delaval-optimat/> (accessed April 2024).

Delaval B. 2001a. Use Instruction, ALPRO System, Programme Description for Version 6.21/6.22. German issue. Glinde.

Delaval B. 2001b. Use Instruction, ALPRO™ Windows, ALPRO Windows Version 5. German issue 12. Glinde.

- De Marchi M, Penasa M, Cassandro M. 2017. Comparison between automatic and conventional milking systems for milk coagulation properties and fatty acid composition in commercial dairy herds. *Italian Journal of Animal Science* **16**(3):363-370.
- DeVries TJ. 2019. Feeding Behavior, Feed Space, and Bunk Design and Management for Adult Dairy Cattle. *Veterinary Clinics: Food Animal Practice* **35**:61-76.
- Dijkhuizen AA, Huirne RBM, Harsh SB, Gardner RW. 1997. Economics of robot application. *Computers and Electronics in Agriculture* **17**:111-121.
- Diskin M, Sreenan J. 2000. Expression and detection of oestrus in cattle. *Reproduction Nutrition Development* **40**:481-491.
- Doležal O. 2003. Testace podlahovin v boxových ložích dojnic. Profí Press, Praha. Available from <https://naschov.cz/testace-podlahovin-v-boxovych-lozich-dojnic/> (accessed December 2003).
- Doležal O. 2023. Intenzivní osvětlení životní zóny skotu má zásadní vliv na užitkové vlastnosti. Profí Press, Praha. Available from: <https://naschov.cz/intenzivni-osvetleni-zivotni-zony-skotu-ma-zasadni-vliv-na-uzitkove-vlastnosti/> (accessed July 2023).
- Doktorová J, Meixner F, Havlík V. 2011. Blíže chovatelům, blíže zvířatům. Profí Press, Praha. Available from <https://naschov.cz/blize-chovatelum-blize-zviratum/> (accessed November 2001).
- Drewry JL, Mondaca MR, Luck BD, Choi CY, 2018b. A Computational Fluid Dynamics Model of Biological Heat and Gas Generation in a Dairy Holding Area. *Trans. ASABE* **61**:449-460.
- Džermeikaite K, Bačėninaitė D, Antanaitis R. 2023. Innovations in Cattle Farming: Application of Innovative Technologies and Sensors in the Diagnosis of Diseases. *Animals* **13**(5).
- Eedenburg F, Ruud LE. 2021. Desing of Free Stalls for Dairy Herds: A Review. *Ruminants* **1**:1-22.
- Eliescher MF, Arceo ME, Karcher EL, Siegford JM. 2013. Validating the accuracy of activity monitor data and rumination in dairy cows reared in an automatic milking system on pasture. *Journal of Dairy Science* **96**:6412-6422.
- Erdman RA, Varner M. 1995. Fixed yield responses to increased milking frequency. *Journal of Dairy Science* **78**:1199-1203.

Eslamizad M, Dehghan-Banadaky M, Rezayazdi K, Moradi-Shahrbabak M. 2010. Effects of 6 times daily milking during early versus full lactation of Holstein cows on milk production and blood metabolites. *Journal of Dairy Science* **93**:4054-4061.

Eurofarm systems s.r.o. 2024. Automatická vana na koupání paznehtů FOOT-WASH Plus. Available from [https://www.eurofarm.cz/sites/www.eurofarm.cz/files/download/brochure\\_en\\_footwash\\_eurofarm\\_190125.pdf](https://www.eurofarm.cz/sites/www.eurofarm.cz/files/download/brochure_en_footwash_eurofarm_190125.pdf) (accessed February 2024).

Farmtec a.s. 2024. Robotická dojírna GEA. Available from <https://www.farmtec.cz/roboticke-dojeni-gea.html>

Filho S, Lopes MA, Brito SC, Rossi G, Conti L, Barbari M. 2020. Robotic milking of dairy cows: a review *Semina: Ciências Agrárias* **41**:2833-2850.

Fischer A, Luginbühl T, Delattre L, Delouard JM, Faverdin P. 2015. Rear shape in 3 dimensions summarized by principal component analysis is a good predictor of body condition score in Holstein dairy cows. *Journal of Dairy Science* **98**:4465-4476.

Foris B, Sadrzadeh N, Krahn J, Weary DM, Keyserlingk MA. 2023. Communication The Effect of Placement and Group Size on the Use of an Automated Brush by Groups of Lactating Dairy Cattle. *Animals* **13**(4):760.

Fricke O, Carvalho PD, Giordano JO, Valenza A, Lopes G, Amundson MC. 2014. Expression and detection of oestrus in dairy cows: The role of new technologies. *Animal* **8**:134-143.

Fulwider WK, Grandin T, Garrick DJ, Engle TE, Lamm WD, Dalsted NL, Rollin BE. 2007. Influence of free-stall base on tarsal joint lesions and hygiene in dairy cows. *Journal of Dairy Science* **90**:3559-3566.

Galama PJ, Ouweltjes W, Endres MI, Sprecher JR, Leso L, Kuipers A, Klopčič M. 2020. Symposium review: Future of housing for dairy cattle. *Journal of Dairy Science* **103**:5759-5772.

Gastelen S, Westerlaan B, Houwers DJ, Eedenburg FJCM. 2011. A study on cow comfort and risk for lameness and mastitis in relation to different types of bedding materials. *Journal of Dairy Science* **94**:4878-4888.

Gaughan J, Madet T, Gebremedhin K. 2012. Rethinking heat index tools for livestock. In *Environmental physiology of livestock* (pp. 243-265). Chichester: Wiley-Blackwell.

Goncu S, Yesil MI, Yilmaz N. 2019. The Cattle Grooming Behavior and Some Problems with Technological Grooming Instruments for Cow Welfare. *Journal of Environmental Science and Engineering* **8**:190-196.



- Grant R. 2012. Economic benefits of improved cow comfort. In Novus int. St. Charles, MO.
- Grantner V, Mijić P, Kuterovac K, Ssolić D, Gantner R. 2011. Temperature-humidity indeks values and their significance on the daily production of dairy cattle. *Mljekarstvo* **61**:56-63.
- Groher T, Heitkämper K, Umstätter C. 2020. Digital technology adoption in livestock production with a special focus on ruminant farming. *Animal* **14**(11):2404-2413.
- Gross JJ, Bruckmaier RM. 2019. Invited review: Metabolic challenges and adaptation during different functional stages of the mammary gland in dairy cows: Perspectives for sustainable milk production. *Journal of Dairy Science* **102**:2828-2843.
- Grothmann A, Nydegger F, Häußermann A, Hartung E. 2010. Automatic feeding systems (AFS) – potential for optimisation in dairyfarming. *Landtechnik* **2**:129-131.
- Hajnal E, Kovács L, Vakulya G. 2022. Rumen bolus development in dairy cattle with special reference to applicable artificial intelligence (AI) methods. *Sensors* **22**:6812. <https://doi.org/10.3390/s22186812>.
- Hale SA, Capuco AV, Erdman RA. 2003. Milk yield and mammary growth effects due to increased milking frequency during early lactation. *Journal of Dairy Science* **86**:2061-2071.
- Hansen MF, Smith ML, Smith LN, Jabbar KA, Forbes D. 2018. Automated monitoring of dairy cow body condition, mobility and weight using a single 3D video capture device. *Computer in Industry* **98**:14-22.
- Han SCH, Horní K, Bai H, Reis BR, White R, Nawrocki RA, Voyles RM, Kang MG, Priya A. 2022. Invited review: Sensor technologies for real-time monitoring of the rumen environment. *Journal of Dairy Science* **105**:6379-6404.
- Hendriks HS, Phyn CVC, Huzzey M, Mueller KR, Turner S-A, Donaghy DJ, Roche JR. 2020. Graduate Student Literature Review: Evaluating the appropriate use of wearable accelerometers in research to monitor lying behaviors of dairy cows. *Journal of Dairy Science* **103**:12140-12157.
- Hepola H. 2003. Milk feeding systems for dairy calves in groups: effect on feed intake, growth and health. *Applied Animal Behaviour Science* **80**:233-243.
- Hicks LC, Hicks WS, Bucklin RA, Shearer JK, Bray DR, Soto P, Carvalho V. 2001. Comparison of methods for measuring deep body temperatures of dairy cows. Page 432-438 in *Livestock Environment VI*, editors. Proceedings of the 6th International Symposium (21-23 May 2001, Louisville, Kentucky, USA).

Hruška J. 2023. Ventilátory do stáji. Proffí Press. Available from <https://mechanizaceweb.cz/ventilatory-do-staji/> (accessed August 2023).

Humer E, Aditya S, Zebeli Q. 2018. Innate immunity and metabolomic responses in dairy cows stimulated intramammary with lipopolysaccharide after subacute rumen acidosis. *Animal* **12**: 2551-2560.

Chapinal N, Barrientos AK, Keyserlingk MAG, Galo E, Weary DM. 2013. Herd-level risk factors for lameness in freestall farms in the northeastern United States and California. *Journal of Dairy Science* **96**:318-328.

Chiumenti R. 2004. *Costruzioni rurali*. RCS Libri, Milano, Italy, 163-197.

Chiumenti A, da Borso F, Pezzuolo A, Sartori L, Chiumenti R. 2018. Ammonia and greenhouse gas emissions from slatted dairy barn floors cleaned by robotic scrapers. *Research in Agricultural Engineering* **64**:26-33.

Ivanov Y, Novikov N. 2020. Digital intelligent microclimate control of livestock farms. *E3S Web of Conferences* **175**:11012.

Jedlička M. 2020. Úskalí mléčných automatů pro telata. *Náš chov*. Proffí Press, Praha. Available from <https://naschov.cz/uskali-mlecnych-automatu-pro-telata/> (accessed červen 2020).

Ježková A. 2019. Automatizace a robotizace chovů. *Náš chov*. Proffí Press, Praha. Available from: <https://naschov.cz/automatizace-a-robotizace-v-chovech-skotu/> (accessed March 2019).

Ježková A. 2020. Krmení skotu míchacími krmnými vozy a vliv obsluhy na přesnost nakládání. *Náš chov*. Proffí Press, Praha. Available from <https://naschov.cz/krmeni-skotu-michacimi-krmnymi-vozy-a-vliv-obsluhy-na-presnost-nakladani/> (accessed October 2020).

Ježková A. 2021. Mikroklima a možnosti redukce tepelného stresu u dojnic. Proffí Press, Praha. Available from <https://naschov.cz/mikroklima-a-moznosti-redukce-tepelneho-stresu-u-dojnic/> (accessed June 2021).

Ježková A. 2022. Autonomní krmný robot pro dojnice. *Náš chov*. Proffí Press, Praha. Available from: <https://naschov.cz/autonomni-krmny-robot-pro-dojnice/> (accessed September 2022).

Ji B, Banhazi T, Perano K, Ghahramani A, Bowtell L, Wang Ch, Li B. 2020. A review of measuring, assessing and mitigating heat stress in dairy cattle. *Biosystems engineering* **199**:4-26.

Jiang W, Wang W, Li CH, Wang W. 2017. Innovation, practical benefits and prospects for the future development of automatic milking systems. *Frontiers of Agricultural science and Engineering* **4**:37-47.

Jung S, Chung H, Mondaca MR, Nordlund KV, Choy CHY. 2023. Using computation fluid dynamics to develop positive-pressure precision ventilation systems for large-scale dairy houses. *Biosystems engineering* **227**:182-194.

Justesen P, Rasmussen MD. 2000. Improvements of milk quality by the Danish AMS self monitoring programme. *Proceedings of the International Symposium Robotic Milking*, Lelystad, The Netherlands

Karn P, Sitikhu P, Somai N. 2019. Automatický systém krmení dobytka. In 2. mezinárodní konference o strojírenství a technologii; Konference KEC-2019 v Dhapakhel, Lalitpur, Nepál (2. díl).

Kaur R, Garcia SC, Horadagoda A, Fulkerson WJ. 2010. Evaluation of rumen probe for continuous monitoring of rumen pH, temperature and pressure. *Animal production science* **50**: 98-104.

Kawasaki M, Kawamura S, Tsukahara M, Morita S, Komiya M, Natsuga M. 2008. Near-infrared spectroscopic sensing system for on-line milk quality assessment in a milking robot. *Computers and Electronics in agriculture* **6**:22-27.

Keady TWJ, Mayne CS, Kilpatrick DJ, McCoy MA. 2005. Effect of level and source of nutrients in late gestation on subsequent milk yield and composition and fertility of dairy cows. *Livestock Production Science* **94**:237-248.

Kim H, Min Y, Choi B. 2018. Monitoring Cattle Disease with Ingestible Bio-Sensors Utilizing LoRaWAN: Method and Case Studies. *Journal of KIIT* **16**:123-134.

King MTM, Sparkman KJ, Leblanc SJ, DeVries TJ. 2018. Milk yield relative to supplement intake and rumination time differs by health status or fresh cows milked with automated systems. *Journal of Dairy Science* **101**(11):10168-10176.

Klei LR, Lynch JM, Barbano DM, Oltenacu PA, Lednor J, Bandler DK. 1997. Influence of milking three times a day on milk quality. *Journal of Dairy Science* **80**:427-436.

Klungel GH, Slaghuis BA, Hogeveen H. 2000. The effect of the introduction of automatic milking systems on milk quality. *Journal of Dairy Science* **83**:1998-2003.

Koning D. 2010. Automatic milking – common practice on dairy farms. Wageningen UR Livestock Research, Lelystad, the Netherlands.

- Krieger S, Sattlecker G, Kickinger F, Auer W, Drillich M, Iwersen M. 2018. Prediction of calving in dairy cows using a tail-mounted tri-axial accelerometer: A pilot study. *Biosystems engineering* **173**:79-84.
- Krisanov VV, Izmaylov AY, Lobachevsky YP, Tareeva OA, Strebulyaev SN, Filonov RF. 2019. Models and Algorithms of adaptive animal flow control in rotary milking parlors. *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis* **67**(6).
- Kušnírová E, Debrecéni O, Bordáčová V, Petrák J. 2012. The influence of floor quality on dairy cow behaviour and their body cleanliness. *Journal of Central European Agriculture* **31**:34-43.
- Lely Juno. Příhrnovač krmiva. 2023. Available from [https://www.lely.com/media/lely-centers-files/brochures/published/webres\\_BF17001-Juno\\_brochure\\_CS.pdf](https://www.lely.com/media/lely-centers-files/brochures/published/webres_BF17001-Juno_brochure_CS.pdf) (accessed December 2023).
- Lely Vector. 2024. Available from [https://www.lely.com/media/filer\\_public/cd/8d/cd8d8ae5-f923-4f71-a9a9-c165f80a82ef/lely\\_vector\\_lhqb04014csa\\_1.pdf](https://www.lely.com/media/filer_public/cd/8d/cd8d8ae5-f923-4f71-a9a9-c165f80a82ef/lely_vector_lhqb04014csa_1.pdf) (accessed January 2015).
- Lopes MA, Nogueira TM, Barbosa GL. 2014. Economic viability of the third milking in systems of production using closed-circuit mechanical milking. *Revista Ceres* **61**:544-551.
- López-Gatius F, Santolaria P, Mundet I, Yániz JL. 2005. Walking activity at estrus and subsequent fertility in dairy cows. *Theriogenology* **63**:1419-1429.
- Loshkarev IY, Shirobokova TA. 2019. Methods for assessing parameters of LED-based lighting in livestock houses. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 1333, No. 6, p. 062013). IOP Publishing.
- Løvendahl P, Chgunda MGG. 2010. On the use of physical activity monitoring for oestrus detection in dairy cows. *Journal of Dairy Science* **93**:249-259.
- Markus R, Thorsten L. 2013. Vývoj simulačních algoritmů pro roboty pro hospodářská zvířata. *Landtechnik* **68**:278-280.
- Mattachini G, Pompe J, Finzi A, Tullo E, Riva E, Provolo G. 2019. Effect of Feeding Frequency on the Lying Behavior of Dairy Cows in a Loose Housing with Automatic Feeding and Milking System. *Animals* **9**:1.
- Mazur KE, Barwicki J, Tseiko V. 2024. Comparison of Mechanized and Automated Technologies in the Scope of Cumulative Energy in Sustainable Milk Production. *Sustainability* **16**(2):906.

McDonnell B. 2023. Přesná nástroj ke snžení emisi hnojiva amoniaku. Agriland. Availbale from <https://www.agriland.ie/farming-news/precision-fertiliser-and-ammonia-emission-reduction-tool/> (accessed June 2023).

Mičiaková M, Strapák P, Szencziová I, Strapáková E, Hanušovský O. 2018. Several Methods of Estrus Detection in Cattle Dams: A Review. *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis* **66**:619-625.

Mijić P, Domacinvić M, Bobić T, Baban M, Sakač M Bogdanović V. 2010. Possibilities of breeding cattle in the mountainous region of Croatian. 21. Symposium Animal husbandry, veterinary medicine and economics in rural development in t he healthy and food safety production with the international participation. Divčibare, Srbija, 20.-27. 06. 2010. Proceedings, pp.114.

Mijić P. 2013. Microclimate parameters on the cattle farms and soma technological solutions for elimination of their harmful influence. 10th International Symposium, 943.

Mondaca MR, Choi CY, Cook NB, 2019. Understanding microenvironments within tunnel-ventilated dairy cow freestall facilities: Examination using computational fluid dynamics and experimental validation. *Biosystems ngineering* **183**:70-84.

Mondaca P, Cook NB. 2019. Modeled construction and operating costs of different ventilation systems for lacting dairy cows. *Journla of Dairy Science* **102**:896-908.

Mottram T. 1997. Automatic monitoring of the health and metabolic status of dairy cows. *Livestock production science* **48**:209-217.

Mottram T, Lowe J, McGowan M, Phillipsová N. 2008. Technical note: A wireless telemetric method of monitoring clinical acidosis in dairy cows. *Computers and electronics in agriculture* **64**:45-48.

Nagy DW. 2017. Diagnostic approach to forestomach diseases. *Vet. Clin. North Am. Food Animal Practice* **33**:441-450.

Oetzel GR. 2007. Subacute rumen acidosis in dairy herds: physiology, pathophysiology, milk fat response and nutritional management. In 40 th Annual Conference, American Association of Bovine Practitioners 89-119.

Oliverie CEA, Sousa FC, Tinoco IFF, Maciel FF, Damasceno FA, Andrade RR, Nascimento JAC. 2020. Ventilation in animal facilities: review. *Biosystems engineering* **6**:122.

Pakari A, Ghani S. 2021. Comparison od different mechanical ventilation systems ford airy cow barns: CFD simlation and filed measurements. *Computers and Electronics in Agriculture* **186**:106207.

- Pereira GM, Heins BJ, Endres MI. 2018. Validation of an ear-tag accelerometer sensor to determine rumination, eating, and behaviors of grazing dairy cattle. *Journal of Dairy Science* **101**:2492-2495.
- Pezzuolo A, Chiumenti A, Sartori L, Borso F. 2016. Automatic feeding system: Evaluation of energy consumption and labour requirement in North-East Italy dairy farm. *Engineering for rural development* **15**:882-889.
- Prýmas L. 2017a. Komplexní systém na řízení reprodukce stáda. Profí Press, Praha. Available from <https://naschov.cz/komplexni-system-na-rizeni-reprodukce-stada/> (accessed April 2017).
- Prýmas L. 2017b. Automatizace krmení dojeného skotu. Priff Press, Praha. Available from <https://naschov.cz/automatizace-krmeni-dojeneho-skotu/> (accessed September 2017).
- Reiter S, Sattlecker G, Lidauer L, Kicking F, Öhlschuster M, Auer W, Schweinzer V, Klein-Jöbstl D, Drillich M, Iwersen M. 2018. Evaluation of an ear-tag-based accelerometer for monitoring rumination in dairy cows. *Journal of Dairy Science* **101**:3398-3411.
- Reith S, Hoy S. 2018. Review: Behavioral signs of estrus and the potential of fully automated estrus detection systems in dairy cattle. *Animal* **12**:398-407.
- Ren K, Alam M, Nielsen PP, Gussman M, Ronnegard L. 2022. Interpolation Methods to Improve Data Quality of Indoor Positioning Data for Dairy Cattle. *Frontiers in Animal Science* **3**:896666.
- Reyes FS, Gimenez AR, Anderson KM, Miller-Cushon EK, Dorea JR, Van Os JMC. 2022. Impact of Stationary Brush Quantity on Brush Use in Group-Housed Dairy Heifers. *Animals* **12**(8):972.
- Rodenburg J. 2004. Stalling Considerations for Robotic Milking. ASAE. pages 1. American Society of Agricultural and Biological Engineers.
- Rodenburg J. 2011. Designing feeding systems for robotic milking. Proceedings of the Tri-State Dairy Nutrition Conference, 127-138. Ft. Wayne, Indiana, USA. Retrieved from [https://www.researchgate.net/profile/Jack\\_Rodenburg/publication/265084870\\_Designing\\_Feeding\\_Systems\\_for\\_Robotic\\_Milking/links/563e7b6a08aec6f17ddaaa3d.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Jack_Rodenburg/publication/265084870_Designing_Feeding_Systems_for_Robotic_Milking/links/563e7b6a08aec6f17ddaaa3d.pdf) (accessed April 2011).
- Rodenburg J. 2017. Robotick milking: Technology, farm desing, and effects on work flow. *Journal of Dairy Science* **100**:7729-7738.
- Roelofs JB, Eerdenburg FJCM, Soede NM, Kemp B. 2005. Pedometer readings for estous detection and as predictor for time of ovulation in dairy cattle. *Theriogenology* **64**:1690-1703.

Roelofs J, López-Gatius F, Hunter H. 2010. When is a cow in estrus? Clinical and practical aspects. *Theriogenology* **74**:327-344.

Roche JR, Friggens NC, Kay JK, Fisher MW, Stafford KJ, Berry DP. 2009. Invited review: body condition score and its association with dairy cow productivity, health, and welfare. *J. Dairy Sci.* **92**:5769-5801.

Roland L, Schweinzer V, Kanz P, Sattlecker G, Kicking F, Lidauer L, Berger A, Auer W, Mayer J, Sturm V, Efrosinin D, Breitenberger S, Drillich M, Iwersen M. 2018. Technical note: Evaluation of a triaxial accelerometer for monitoring selected behaviors in dairy calves. *Journal of Dairy Science* **101**:10421-10427.

Rong L, Liu D, Pedersen EF, Zhang G. 2014. Effect of climate parameters on air exchange rate and ammonia and methane emissions from a hybrid ventilated dairy cow building. *Energy and Buildings* **82**:632-643.

Rossing W, Hogewerf PH. 1997. State of the art of automatic milking systems. *Computers and Electronics in Agriculture* **17**:1-17.

Rotz CA, Coiner CU, Soder KJ. 2003. Automatic milking systems, farm size, and milk production. *Journal of Dairy Science* **86**:4167-4177.

Ruuska S, Kajava S, Mughal M, Zhener N, Mononen J. 2016. Validation of a pressure sensor-based system for measuring eating rumination and drinking behaviour of dairy cattle. *Applied Animal Behaviour Science* **174**:19-23.

Salfer JA, Minegishi K, Lazarus W, Berning E, Endres MI. 2017. Finances and returns for robotic dairies. *Journal of Dairy Science* **100**:7739-7749.

SCR ENGINEERS. 2011. Ruminant Monitoring-The HR Tag™. Available at: <http://www.scrdairy.com/HRTag.asp> [Accessed: 2011, October 10].

Sapru A, Barbano DM, Yun JJ, Klei LR, Oltenacu PA, Bandler DK. 1997. Cheddar cheese: Influence of milking frequency and stage of lactation on composition and yield. *Journal of Dairy Science* **80**:437-446.

Sellier N, Guettier E, Staub C. 2014. A review of methods to measure animal body temperature in precision farming **2**:74-99.

Senger PL. 1994. The Problem of Estrus Detection: New Concepts, Technologies, and Possibilities. *Journal of Dairy Sciences* **77**:2754-2753.

- Sharipov DR, Yakimov OA, Gainullina MK, Kashaeva AR, Kamaldinov IN. 2021. Development of automatic milking systems and their classification. IOP Conference Series: Earth and environmental Science 659.
- Shoshani E, Chaffer M. 2002. Robotic milking: A report of a field trial in Israel. Pages III-56–III-63 in *The First North American Conference on Robotic Milking*, Wageningen Pers, Wageningen, The Netherlands.
- Schirmann K, Keyserlingk MAG, Weary DM, Veira DM, Heuwieser W. 2009. Technical note: Validation of a system for monitoring rumination in dairy cows. *Journal of Dairy Science* **92**:6052-6055.
- Schweinzer V, Gusterer E, Kanz P, Krieger S, Süß D, Lidauer L, Berger A, Kicking F, Ohlschuster M, Auer W, Drillich M, Iwersen M. 2019. Evaluation of an ear-attached accelerometer for detecting estrus events in indoor housed dairy cows. *Theriogenology* **130**:19-25.
- Siewert JM, Salfer JA, Endres MI. 2018. Factors associated with productivity on automatic milking system dairy farms in the Upper Midwest United States. *Journal of Dairy Science* **101**:8327-8334.
- Silanikove N. 2020. Effects of heat stress on the welfare of extensively managed domestic ruminants. *Livestock Production Science* **67**:1-18.
- Silper BF, Madureira AML, Kaur M, Burnett TA, Cerri RLA. 2015. Short communication: Comparison of estrus characteristics in Holstein heifers by 2 activity monitoring systems. *Journal of Dairy Science* **98**:3158-3165. Silva SR, Araujo JP, Guedes C, Silva F, Almeida M, Cerqueira JL. 2021. Precision Technologies to Address Dairy Cattle Welfare: Focus on Lameness, Mastitis and Body Condition. *Animals* **11**:2253.
- Sitkowska B, Piwczynski D, Aerts J, Waskowicz M. 2015. Changes in milking parameters with robotic milking. *Archives Animal Breeding Archiv Tierzucht* **58**(1):137-143.
- Sjostrom LS, Heinz BJ, Endres MI, Moon RD, Paulson JC. 2016. Short communication: Relationship of activity and rumination to pest abundance in organically certified cows fed 3 levels of concentrate. *Journal of Dairy Science* **99**:9942-9948.
- Song X, Mourik S, Bokkers EAM, Groot Koerkamp PWG, Tol PPJ. 2022. Automatic assessment of dairy cows' rumen function over time and links to feed changes and milk production. *JDS Communications* **3**:126-131.
- Spoliansky R, Edan Y, Parmet Y, Halachmi I. 2016. Development of automatic body condition scoring using a low-cost 3-dimensional Kinect camera. *Journal of Dairy Science* **99**:7714-7725.



Stachowicz J, Umstätter CH. 2020. Übersicht über kommerziell verfügbare digitale Systeme in der Nutztierhaltung. *Agroscope Transfer* **294**:2-26.

Stevenson JS. 2021. Daily activity measures and milk yield in immediately before and after a fertile estrus and during the period of expected return to estrus after insemination in dairy cows. *Journal of Dairy Science* **104**:11277-11290.

Šístková I, Smutný L. 2021. Mikroklima a možnosti redukce tepelného stresu u dojnic. *Náš chov*. Profi Press, Praha. Available from: <https://naschov.cz/mikroklima-a-moznosti-redukce-tepelneho-stresu-u-dojnic/> (accessed June 2021).

Tatone EH, Duffield TF, Leblanc SJ, DeVries TJ, Gordon JL. 2017. Investigating the within-herd prevalence and risk factors for ketosis in dairy cattle in Ontario as diagnosed by the test-day concentration of  $\beta$ -hydroxybutyrate in milk. *Journal of Dairy Science* **100**(2):1308-1318.

Thatcher WW, Flamenbaum I, Block, Jeremy, Bilby TR. 2010. Interrelationships of heat stress and reproduction in lactating dairy cows. *High Plains Dairy Conference* 45-60.

Toledo IM, Dahl GE, DeVries A. 2022. Dairy cattle management and housing for warm environments. *Livestock Science* **255**:104802.

Tse, Barkema Hw, DeVries TJ, Rushen J, Pajor EA. 2017. Effect of transitioning to automatic milking systems on producers' perceptions of farm management and cow health in the Canadian dairy industry. *Journal of Dairy Science* **100**:2404-2414.

Tse, Barkema Hw, DeVries TJ, Rushen J, Pajor EA. 2018. Impact of automatic milking systems on dairy cattle producers' reports of milking labour management, milk production and milk quality. *Cambridge University Press* **12**:2649-2656.

Tullo E, Fontana I, Gottardo D, Sloth KH, Guarino M. 2016. Technical note: Validation of a commercial system for the continuous and automated monitoring of dairy cow activity. *Journal of Dairy Science* **99**:7489-7494.

USDA. US Department of Agriculture 2010. Facility characteristics and cow comfort on U.S. Dairy Operations, Dairy 2007. In: *USDA Animal and Plant Health Inspection Service-Veterinary Services*. Centers for Epidemiology and Animal Health Fort Collins, CO, No 524.1210, Interpretive Report, pp. 33-37.

Vaculík P, Smejtková A. 2019. Assessment of selected parameters of automatic and conventional equipment used in cattle feeding. *Agronomy Research* **17**:879-889.

Veysset P, Wallet P, Prognard E. 2001. Automatic milking systems: characterizing the farms equipped with AMS, impact and economic simulations. *ICAR Technical Series* 7:141-150.

- Vracek V. 2021. Zastýlací robot. Stáje od Racka. Available from <https://stajeodracka.cz/roboticka-staj/zastylaci-robot/> (accessed August 2021).
- Wagner-Storch AM & Palmer RW. 2003. Feeding behavior, milking behavior, and milk yields of cows milked in a parlor versus an automatic milking system. *Journal of Dairy Science* **86**(4):1494-1502.
- Wardal WJ, Mazur KE, Roman K, Roman M, Majchrzak M. 2021. Assessment of Cumulative Energy Needs for Chosen Technologies of Cattle Feeding in Barns With Conventional (CFS) and Automated Feeding Systems (AFS). *Energies* **14**(24):8584.
- Weyenberg S, Ulens T, De Reu K, Zwertvaegher I, Demeyer P, Pluym L. 2015. Feasibility of Miscanthus as alternative bedding for dairy cows *Veterinární Medicína* **60**(3):121-132.
- Wiking L, Bjork L, Nielsen JH. 2003. Influence of feed composition on stability of fat globules during pumping of raw milk. *International Dairy Journal* **13**:797-803.
- Wiking L, Nielsen JH, Bavius AK, Edvardsson A, Svennersten-Sjaunja K. 2006. Impact of milking frequencies on the level of free fatty acids in the milk, fat globule size, and fatty acid composition. *Journal of Dairy Science* **89**:1004-1009.
- Wolfe T, Vasseur E, DeVries TJ, Bergeron R. 2018. Effects of alternative deep bedding options on dairy cow lying behavior, cleanliness, and teat and contamination. *Journal of Dairy Science* **101**:530-536.
- Yukun S, Pengju H, Yujie W, Zigi C, Yang L, Baisheng D, Runze L, Yonggen Z. 2019. Automatic monitoring system for individual dairy cows based on a deep learning framework that provides identification via body parts and estimation of body condition score. *Journal of Dairy Science* **102**:10140-10151.
- Zabasta A, Kunicina N, Vitols K, Duritis I, Grunde U, Judvaitis J, Greitans M, Sematovica I, Malniece A, Galkins I. „Systém bezdrátové senzorové sítě s nízkou spotřebou pro včasnou diagnostiku subakutní bacherové acidózy u krav“, 2019 IEEE 7th IEEE Workshop on Advances in Information, Electronic and Electrical Engineering (AIEEE), 2019, 1-6, doi: 10.1109/AIEEE48629.2019.8977012.
- Zdanowic M, Shelford J.A, Tucker CB, Weary DM, Keyserlingk MAG. 2004. Bacterial populations on teat ends of dairy cows housed in free stalls and bedded with either sand or sawdust. *Journal of Dairy Science* **87**:1694-1701.
- Zehner NJ, Niederhauser F, Nydegger A, Grothmann M, Keller M, Hoch A, Haeussermann M, Schick. 2012. Validation of a new health monitoring system (rumiwatch) for combined automatic measurement of rumination, feed intake, water intake and locomotion in dairy cows. Pages C-0438 in Proc. Information Technology, Automation and Precision Farming.

International Conference of Agricultural Engineering-CIGR-AgEng 2012: Agriculture and Engineering for a Healthier Life, Valencia, Spain, 8–12 July 2012. CIGR-EurAgEng, Cranfield, UK.

Zucali M, Bava L, Tamburini A, Gislón G, Sandrucciová A. 2021. Association between indicators of udder and quarter level and milk somatic cell count in automatic milking systems. *Animals* **11**:3485.