

# Primjena digitalnih tehnologija na govedarskoj farmi

---

**Vuksanović, Tomislav**

**Master's thesis / Diplomski rad**

**2024**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:*

**Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek / Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:151:935059>

*Rights / Prava:* [In copyright](#) / [Zaštićeno autorskim pravom.](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-01-03**



Sveučilište Josipa Jurja  
Strossmayera u Osijeku

**Fakultet  
agrobiotehničkih  
znanosti Osijek**

*Repository / Repozitorij:*

[Repository of the Faculty of Agrobiotechnical  
Sciences Osijek - Repository of the Faculty of  
Agrobiotechnical Sciences Osijek](#)



SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU  
FAKULTET AGROBIOTEHNIČKIH ZNANOSTI OSIJEK

Tomislav Vuksanović

Sveučilišni diplomski studij Zootehnika

Modul Specijalna zootehnika

**PRIMJENA DIGITALNIH TEHNOLOGIJA NA GOVEDARSKOJ FARMI**

**Diplomski rad**

**Osijek, 2024.**

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU  
FAKULTET AGROBIOTEHNIČKIH ZNANOSTI OSIJEK

Tomislav Vuksanović

Sveučilišni diplomski studij Zootehnika

Modul Specijalna zootehnika

**PRIMJENA DIGITALNIH TEHNOLOGIJA NA GOVEDARSKOJ FARMI**

**Diplomski rad**

Povjerenstvo za ocjenu i obranu diplomskog rada:

1. prof. dr. sc. Pero Mijić, predsjednik
2. izv. prof. dr. sc. Tina Bobić, mentor
3. doc. dr. sc. Maja Gregić, član

**Osijek, 2024.**

## Sadržaj

<b>1. UVOD</b> .....	<b>1</b>
1.1. Informacijsko komunikacijska tehnologija (ICT) .....	2
1.2. Estrus kod krava .....	2
1.2.1. Znakovi estrusa .....	4
1.2.2. Sinhronizacija estrusa .....	5
1.3. Cilj i hipoteza rada.....	5
<b>2. PREGLED LITERATURE</b> .....	<b>6</b>
2.1. Primjena informacijsko komunikacijske tehnologije u stočarstvu .....	6
2.1.1. Kamere .....	6
2.1.2. Pedometri .....	8
2.1.3. Akcelerometri .....	9
2.1.4. Termistori.....	10
2.1.5. Infracrvena termografija .....	10
2.1.6. Mikrofoni .....	11
2.1.7. Bolus senzori.....	11
2.1.8. Radio frekvencijska identifikacijska tehnologija (RFID) .....	12
2.1.9. Nosni senzori .....	13
2.2. Primjena informacijsko komunikacijske tehnologije u otkrivanju estrusa .....	14
<b>3. MATERIJALI I METODE</b> .....	<b>16</b>
3.1. Lokacija i oprema korištena u istraživanju.....	16
3.2. Analiza i statistička obrada podataka .....	18
<b>4. REZULTATI</b> .....	<b>19</b>
<b>5. RASPRAVA</b> .....	<b>24</b>
<b>6. ZAKLJUČAK</b> .....	<b>27</b>
<b>7. POPIS LITERATURE</b> .....	<b>28</b>
<b>8. SAŽETA</b> .....	<b>34</b>
<b>9. SUMMARY</b> .....	<b>35</b>
<b>10. POPIS TABLICA</b> .....	<b>36</b>
<b>11. POPIS SLIKA</b> .....	<b>37</b>
<b>12. POPIS GRAFIKONA</b> .....	<b>38</b>

**TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA**  
**BASIC DOCUMENTATION CARD**

## 1. UVOD

Stoljećima su mlijeko i mliječni proizvodi bili važan izvor prehrambene energije, proteina i masti za globalnu populaciju. Stoga primjena tehnologije postaje važnija za uzgajivače mlijeka u EU nego ikada prije. Živa bića su međusobno različita i u stalnoj su potrazi za dobrom energetsom ravnotežom. Da bi postigla tu ravnotežu živi organizmi neprestano mijenjaju svoje fizičko stanje i psihički status. Precizno stočarstvo (eng. Precision Livestock Farming, PLF) predstavlja primjenu suvremene informacijske i komunikacijske tehnologije (eng. Information and Communication Technologies, ICT) za praćenje i upravljanje životinjama u stvarnom vremenu. Obraćanje pozornosti na ovo osnovno načelo zahtijeva da se razvoj preciznog stočarstva odvija unutar multidisciplinarnih timova koji se sastoje od bioinženjera, znanstvenika, fiziologa, veterinara, etologa, inženjera i ICT stručnjaka. Kada razvijamo alate za primjenu u preciznom stočarstvu, često nam je cilj stvoriti sustave ranog upozorenja na neko stanje ili bolest. Zato je pametno fokusirati se na prve znakove kod životinja koji se mogu pratiti na neinvazivan i bezkontaktna način. Mnogi autori (Norton i sur., 2017., Caja i sur., 2016., Halachmi i sur., 2019.) navode da su inženjerski napredak i smanjenje troškova novih elektroničkih tehnologija omogućili razvoj mnogih senzorskih rješenja za stočarsku industriju. Ovi senzori mogu automatski prikupljati podatke u stvarnom vremenu, omogućujući rano otkrivanje specifičnih problema (npr. pad proizvodnje, loše zdravlje, prijetnje dobrobiti) na razini grupe ili jedinke. Prema Berckmansu (2014.), PLF se sastoji od mjerenja varijabli, modeliranja podataka za odabir informacija, a zatim korištenja tih modela u stvarnom vremenu za praćenje i kontrolu životinja. Prije samog investiranja u tehnologije, treba pomno provesti analizu ulaganja i proizvodnje kako bi se osiguralo da je tehnologija prava za potrebe vaše farme. U budućnosti, Precision Dairy Farming tehnologija može promijeniti način upravljanja stadom (Bewley, 2010.). Napredak u informacijskim i telekomunikacijskim tehnologijama omogućio je poljoprivrednicima i farmerima da prikupljaju ogromne količine podataka specifičnih za svoja polja i farme, s krajnjim ciljem smanjenja neizvjesnost u donošenju odluka. Razvoj od prve ideje do praktične primjene nove tehnologije može se definirati kao a proces u tri koraka: izum, inovacija i primjena odnosno širenje (Fountas i sur., 2005.). Uvođenjem digitalizacije u stočarstvo korištenjem podataka usmjerenih na životinje i okoliš poboljšava se cjelokupno upravljanje zdravljem, prehranom, genetikom, reprodukcijom te dobrobiti (Neethirajan i sur., 2021.).

### 1.1. Informacijsko komunikacijska tehnologija

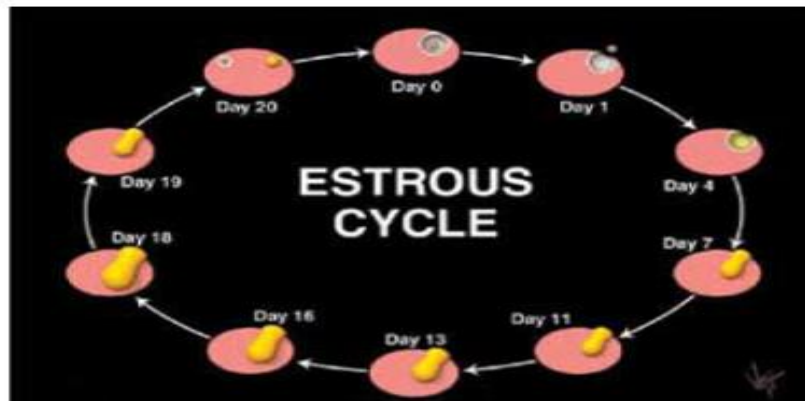
Informacijska i komunikacijska tehnologija (ICT) ima mnoge uloge za razvoj poljoprivrede, počevši od sustava za podršku, odlučivanju do trgovine usjevima. Putem ICT-a poljoprivrednici mogu dobiti najnovije informacije o poljoprivredi, vremenu, novim sortama usjeva i novim načinima povećanja proizvodnje i kontrole kvalitete. ICT tehnologije mogu pomoći u jačanju poljoprivrednih zajednica putem širokog umrežavanja i suradnje s raznim institutima, nevladinim organizacijama i privatnim sektorom. Nadalje, farmeri mogu unaprijediti vlastite kapacitete kroz ažurirane informacije i široku izloženost znanstvenoj, poljoprivrednoj i trgovačkoj zajednici (Singh i sur., 2017.). Primjena informacijske i komunikacijske tehnologije u poljoprivredi postaje sve važnija. ICT se sastoji od tri glavne tehnologije, a to su: računalna tehnologija, komunikacijska tehnologija i tehnologija upravljanja informacijama. Kako navodi Manish i sur. (2012.) te se tehnologije primjenjuju za obradu, razmjenu i upravljanje podacima, informacijama i znanjem. Prema Boldizsáru (2012.) u govedarskoj proizvodnji koriste se različiti senzorski uređaji, a na temelju podataka koje senzori očitavaju, mogu se utvrditi potrebe pojedine životinje. Podaci dobiveni ovim tehnologijama mogu se iskoristiti za poboljšanje zdravlja, dobrobiti životinja i dugovječnost. Mnoge ICT tehnologije koriste govedarskim farmama za proizvodnju mlijeka, uključujući dnevno bilježenje prinosa mlijeka, praćenje sastava mlijeka (npr. masti, proteina i somatskih stanica), temperaturu i električnu vodljivost mlijeka te monitore za automatsko otkrivanje estrusa, šepavosti itd. (Bewley, 2010.).

### 1.2. Estrus kod krava

Estrus se definira kao razdoblje kada je ženka spremna za oplodnju. Drugim riječima, to je trenutak kada jajnici oslobađaju oocite i ženka može zatrudnjeti. Tijekom estrusa ženke prolaze kroz promjene u ponašanju zbog promjena u razini hormona progesterona i estrogena. Mnogo je čimbenika koji utječu na ekspresiju estrusa kod mliječnih goveda. Krave se mogu oploditi ako su osjemenjene na početku estrusa ili čak 36 sati nakon završetka estrusa (Alves dos Santos i sur., 2022.).

Trajanje estrusnog ciklusa je 21 dan za zrele krave i 20 dana za junice. Ciklus je podijeljen u četiri razdoblja: estrus, metestrus, diestrus i proestrus. Estrus traje od 6 do 30 sati, s prosječnim trajanjem od 20 sati. Tijekom estrusa znatno je povećana vaginalna i cervikalna proizvodnja sluzi i može uočljivo biti vidljiva kako visi sa stidnice ili omotana oko repa. Žuto tijelo (*corpus luteum*, CL) je lizirano prije ovog razdoblja; stoga je proizvodnja progesterona (i posljedična razina u krvi) vrlo niska. Luteinizirajući hormon (LH) raste do visoke razine tijekom estrusa,

što inicira ovulaciju. Razine estrogena se smanjuju s visokih razina koje su bile postignute neposredno prije estrusa. Metestrus traje 3 do 5 dana. U ovom periodu se događa ovulacija, od 10 do 15 sati nakon završetka estrusa. U ovom periodu žuto tijelo prolazi kroz rani razvoj. Razine progesterona u ovom periodu su još uvijek niske, ali lagano raste tijekom metestrusa. To je zato što je CL malen i nema sposobnost proizvodnje velikih količina progesterona u ovoj fazi razvoja. Tijekom metestrusa, prostaglandin  $F2\alpha$  nije učinkovit u razgradnji nezrelog, rastućeg CL i izaziva povratka u estrus.



Slika 1. Promjene na ovariju tokom estrusa kod krave

(Izvor: <https://www.selectsires.com/article/ss-blog/2020/11/05/reproductive-anatomy-and-physiology-of-cattle>)

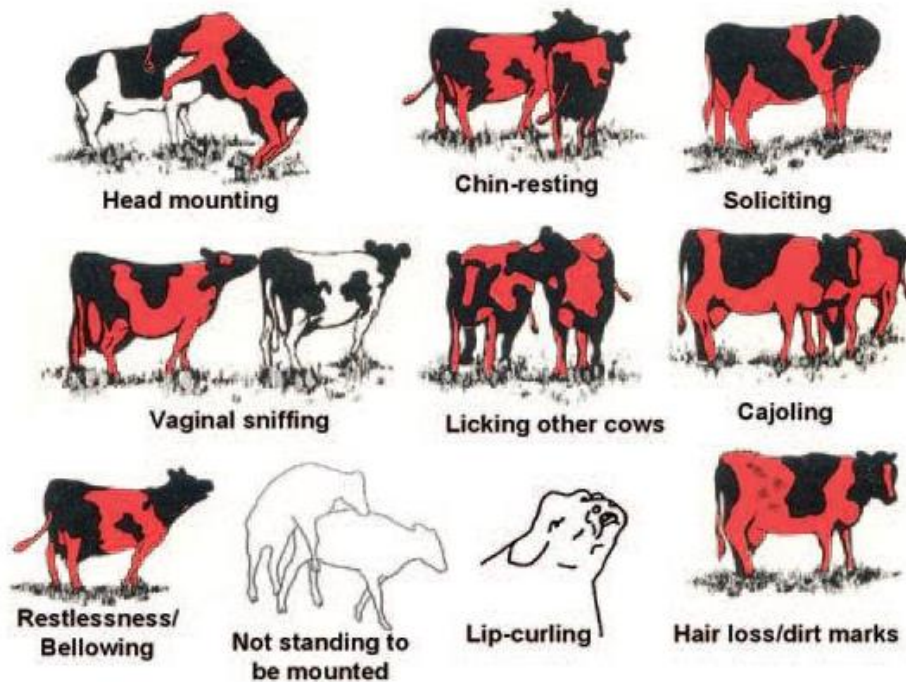
Diestrus, razdoblje CL-a, traje oko 12 dana. CL proizvodi povećane količine progesterona tijekom ranih dana diestrusa, tako se i kapacitet za proizvodnju hormona povećava kako CL sazrijeva. Kako diestrus napreduje, koncentracije progesterona također se povećavaju i u krvi. Tijekom diestrusa,  $PGF2\alpha$  će razgraditi CL te inicirati pojavu estrusa, dok visoke doze estrogena neće. Proestrus traje oko 2 do 3 dana i karakterizira ga regresija CL i posljednja faza rasta ovulacijskog folikula. Kako se razina progesterona u krvi smanjuje, LH i estrogen pozitivno djeluju jedan na drugoga tako da brzo povećanje dolazi do proizvodnje estrogena u ovulacijskom folikulu, povećavajući koncentracije u krvi.

Larson i sur., (2008) navode da hormon hipotalamusa, gonadotropni hormon (GnRH) uzrokuje da hipofiza otpusti luteinizirajući hormon (LH) i folikulostimulirajući hormon (FSH). Drugi hormoni hipotalamusa ili inhibiraju ili induciraju oslobađanje dodatne količine hormona hipofize (hormon rasta, ACTH, TSH, MSH i prolaktin).



### 1.2.1. Znakovi estrusa

Da bi došlo do začeća, osjemenjivanje se mora dogoditi u ispravnoj fazi ciklusa estrusa krave. Postoje indikacije da u praksi postoji ogromna varijabilnost u vremenu osjemenjivanja u odnosu na ovulaciju. Najpouzdaniji znak da je krava u tjeranju odnosno u estrusu jeste „faza stajanja“ (krava stoji mirno dok ju druge krave „zaskaču“) a koja se obično koristi u praksi. Osim navedenog znaka postoje još i drugi znakovi u ponašanju krava a koji se mogu se koristiti za otkrivanje estrusa, npr. njušenje vagine druge krave, naslanjanje brade na drugu kravu i sl.. Budući da je tradicionalno otkrivanje estrusa putem vizualnog promatranja dugotrajno i neučinkovito, tijekom posljednjih 10 godina došlo je do značajnog napretka u pomagalicama za otkrivanje. Dostupan niz potpuno automatiziranih tehnologija uključujući sustave za mjerenje tlaka, mjerače aktivnosti, video kamere, snimke vokalizacije kao i mjerenja tjelesne temperature i koncentracije progesterona u mlijeku. Ponašanje u estrusu može se klasificirati na temelju primarnih i sekundarnih znakova.



Slika 2. Znakovi estrusa krave

(Izvor: <https://www.cafre.ac.uk/wp-content/uploads/2020/08/DHFC-Note-2A-Heat-Detection-v2.pdf>)

### 1.2.2. Sinhronizacija estrusa

Gordon (1996.) navodi dva osnovna principa regulacije i sinkronizacije spolnog ciklusa u krava i junica, a to su produženje lutealne faze primjenom progestagena koji djeluju kao umjetno žuto tijelo i skraćenje ciklusa regresijom žutog tijela, aplikacijom prostaglandina. Djelotvornost protokola za sinkronizaciju koji se temelje na primjeni progestagena i/ili prostaglandina ovise o stadiju rasta folikula u trenutku započinjanja tretmana. Zbog toga, prije primjene protokola za sinkronizaciju, svaka bi plotkinja trebala biti pregledana ultrazvučno, kako bi se povećala preciznost sinkronizacije estrusa, kvaliteta oslobođenih jajnih stanica i na kraju pospješila koncepcija. Od iznimne je važnosti da korisnici ove tehnologije imaju temeljito razumijevanje sustava kako oni reguliraju funkciju hipofize, jajnika i maternice. Tomašković i sur. (2007.) navode 6 najvažnijih razloga za kontrolu regulacije spolnog ciklusa krava i junica:

1. indukcija estrusa u mliječnim pasmina goveda u kojih estrus nije uočen do 45. dana puerperija
2. sinkronizacija skupine krava i junica za pripremu umjetnog osjemenjivanja
3. smanjenje vremena potrebnog za otkrivanje estrusa
4. olakšanje umjetnog osjemenjivanja u ekstenzivnim uvjetima držanja
5. sinkronizacija davateljica i primateljica u postupku embriotransfera
6. indukcija cikličke aktivnosti jajnika mesnih pasmina goveda s izraženom laktacijskom anestrijom.

### 1.3. Cilj i hipoteza rada

Cilj rada bio je prikazati praktičnu primjenu ICT tehnologije na primjeru jedne farme. Na osnovu obrazaca ponašanja junica pokušat će se odrediti vrijeme estrusa i pogodno vrijeme za osjemenjivanje.

Hipoteze rada:

- Primjenom ICT tehnologije (Allflex – SenseHub™ sustava) će se povećati postotak koncepcije na farmi
- Primjenom ICT tehnologije (Allflex – SenseHub™ sustava) će se smanjiti indeks osjemenjivanja na farmi

## 2. PREGLED LITERATURE

### 2.1. Primjena informacijsko komunikacijske tehnologije u stočarstvu

U proizvodnji mlijeka veliki je trend usmjeren prema automatizaciji sve većeg broja procesa kako bi se smanjio fizički rad i troškovi rada (Sun i sur., 2010.). Senzor predstavlja uređaj koji mjeri ili bilježi fiziološki ili bihevioralni parametar (povezan sa zdravljem, estrusom, aktivnosti, ruminacijom) određene životinje ili skupine životinja te omogućuje otkrivanje promjena koje su povezane sa zdravstvenim stanjem (kao što je bolest) te upozorava i zahtijeva djelovanje od strane farmera (kao što je liječenje).

Kronološki razvoj senzorskih sustava može se opisati kroz 4 razine:

- (I) uređaji ili sustavi koji bilježe informacije (npr. aktivnost, estrus)
- (II) tumačenja informacija koje bilježe senzori (npr. povećanje aktivnosti)
- (III) obrada informacija senzora kako bi se razumjelo što informacije znače i kako tretirati životinju
- (IV) donošenje odluke ili sustav samostalno donosi odluku o daljnjim postupcima sa životinjom

Prvi korak u senzorskom sustavu predstavlja sam uređaj ili senzor. Drugi korak je informacija u algoritmu. Treći korak predstavlja sažimanje i obradu informacija i moguće druge informacije od farmera ili savjetnika. Posljednji korak je odluka o zdravstvenog statusa krave koju detektira senzor (npr. mastitis otkriven povećanom električnom vodljivosti mlijeka). Ideja istraživanja i upotrebe senzora je pružiti farmerima alate za poboljšanje i unapređenje proizvodnje. Najbitnije pitanje istraživanja i korištenja senzora u stočarstvu trebalo bi se odnositi na to koja je ekonomičnost upotrebe senzora (npr. ekonomska isplativost i olakšavanje rada) (Rutten i sur., 2013.).

#### 2.1.1. Kamere

Prednosti korištenja kamera i analiza dobivenih slika je činjenica da nema potrebe za fizičkim kontaktom, pa tako nema rizika od utjecaja na reakciju životinje tijekom mjerenja. Nadalje, troškovi su smanjeni budući da jedna kamera može pratiti vrlo veliku skupinu životinja budući da će svaka od njih prolaziti ispod kamere svaki dan (Norton i sur., 2017.). Razlikujemo dvodimenzionalne (2D) i trodimenzionalne (3D) kamere koje pružaju digitalne informacije pomoću kojih se može pratiti i procijeniti stopa rasta životinja. 2D kamere zahtijevaju odgovarajuće ambijentalno osvjetljenje i kontrastnu pozadinu poput tamne pozadine u primjeni

za bijele životinje i tome slično. Trodimenzionalne (3D) kamere su senzori koji se temelje na dubini slike, visokoj razlučivosti, infracrvenim iluminatorom i dubinskim sensorom, koji proizvodi boju (Wang i sur.,2018.). navode da je tehnologija obrade 3D slike uspješno korištena u procjeni tjelesnih mjera stoke. Uzimanje točnih tjelesnih mjera jedan je od ključnih mjera u planovima uzgoja stoke za korelaciju s proizvodnim svojstvima. Današnje kamere zahtijevaju ugrađene poklopce koji štite senzore od različitih vanjskih utjecaja kao što su: amonijak, prašina, vlaga, insekti i sl. (Benjamin i sur., 2019.).



Slika 3. Primjer farmske kamere

(Izvor: <https://www.farmerseye.co.uk/5-features-found-on-cctv-cameras-that-are-great-for-farms/>)



Slika 4. Sustav opreme kamere

(Izvor: <https://www.agricamera.co.uk/>)

### 2.1.2. Pedometri

Benjamin i sur. (2019) ističu da je potrebno osnovno razumijevanje senzora za daljinsko praćenje, procesa razvoja algoritama i strojnog učenja kako bi se bolje razumjelo precizno stočarstvo. Daljinski senzori kao što su pedometri, kamere, mikrofoni, termometri i akcelerometri nadziru ili bilježe informacije poput slika, zvuka, topline ili kretanja grupa ili pojedinačnih životinja. Podaci sa senzora, pohranjeni su na vanjskim pogonima ili poslani izravno u središte za obradu (analogni prijenos informacija s digitalnog prijemnika na računalo), a zatim se ti podaci obrađuju algoritmima.

Pedometar je elektronički uređaj koji prenosi podatke o broju koraka koje krava napravi u zadanom vremenu (Mazrier i sur., 2006.). Brehme i sur. (2006.) su predstavili ALT pedometar koji bilježi aktivnost, dužinu ležanja i temperaturu životinja. Sama stopa aktivnosti od životinja, je od interesa i označava stupanj upozorenja koji se tiču zdravlja ili otkrivanja estrusa. ALT pedometar karakterizira kontinuirano prikupljanje izmjerenih podataka, pohrana i ručni ili automatski prijenos podataka na kompjuter putem radio modema. Isti autori navode visoku pouzdanost i mogućnost otkrivanja bolesti i vrijeme estrusa kod goveda.



Slika 5. Pedometar za krave

(Izvor: <https://bj-sajam.hr/wp-content/uploads/2020/11/Afimilk.pdf>)

### 2.1.3. Akcelerometri

Među tehnologijama koje najviše obećavaju za praćenje ponašanja stoke su nosivi senzori koji sadrže akcelerometre. Akcelerometar je elektromehanički uređaj koji se koristi za mjerenje sila ubrzanja. Kretanje stvara stres na mikroskopske kristale smještene unutar akcelerometra i stvara napon. Senzori tumače količinu napona kako bi odredili brzinu kretanja i orijentaciju. Troosni akcelerometar skuplja trodimenzionalne informacije ( $x$ ,  $y$  i  $z$  os) i mjeri zemljinu gravitacijsku silu određivanjem kuta pod kojim je uređaj (npr. ušna markica, ovratnik) nagnut uz mjerenje sila ubrzanja (Benjamin i sur., 2019.). Kod krava se akcelerometri najčešće postavljaju na stražnju nogu ili na ovratnik. Akcelerometri i njihovi odgovarajući sustavi generiraju podatke koji se mogu obraditi unaprijed stvorenim algoritmima za tumačenje pokreta kao specifičnih obrazaca ponašanja. Ponašanje pri hranjenju i preživljanju krava, prikazano akcelometrom na ovratniku korišteno je kao indikator šepavosti. Chapa i sur. (2020.) su utvrdili da šepave krave u usporedbi sa zdravim kravama imaju smanjenje dnevnog vremena hranjenja i frekvenciju hranjenja.



Slika 6. Akcelerometar na ogrlici za krave

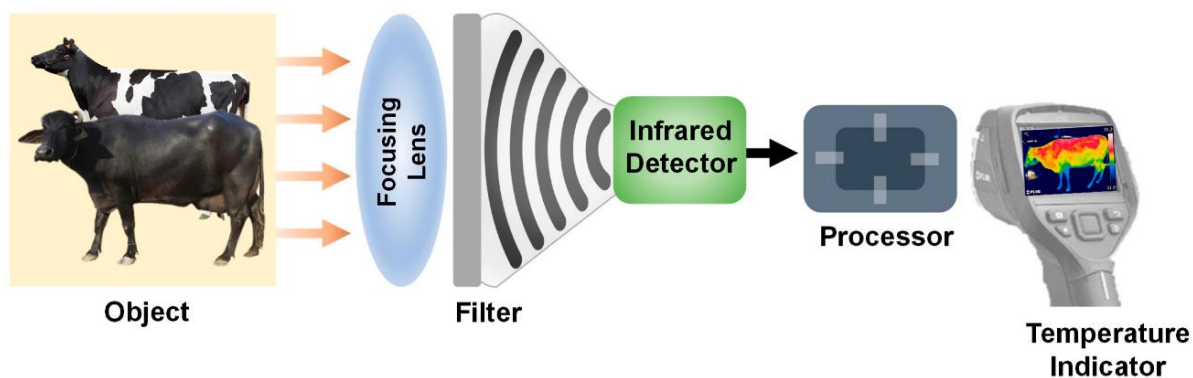
(Izvor: <https://bj-sajam.hr/wp-content/uploads/2020/11/Afimilk.pdf>)

#### 2.1.4. Termistori

Među svim fiziološkim podacima koji su osjetljivi i na najsitnije promjene u domaći životinja temperatura je najviše povezana s nizom različitih funkcija organizma, poput: prehrane, reprodukcije, odgovora na stres i zdravlje. Ove funkcije i njihove varijacije se mogu procijeniti pomnim praćenjem tjelesne temperature životinje. Termistori očitavaju temperaturu te se ti podaci pohranjuju u snimač podataka, čime se može odrediti toplinsko mapiranje. Snimači podataka mogu osigurati točnost temperature. Do danas je većina životinjskih ili ljudskih telemetrijskih mjera temperature napravljen kroz termistore. Prijenosni medij temelji se na elektromagnetskim valovima koji se može bežično prenijeti na udaljenost od životinje do prijamnika, pomoću ugrađenog odašiljača. Primljeni signal se demodulira, a izmjerena varijabla izdvaja, a ispravno kondicioniranje signala i kalibracija se odrađuje od strane sustava za prikupljanje podataka (Sellier i sur., 2014.).

#### 2.1.5. Infracrvena termografija

Razvoj tehnike mjerenja temperature tijela primjenom infracrvene termografije brzo raste i njezina primjena je sve veća u uzgoju ili pokusima. Alsaod i sur. (2012.) navode da je infracrvena termografija moderna, neinvazivna i sigurna metoda vizualizacije površinske temperature tijela. Infracrvene termovizijske kamere mjere promjene tjelesne temperature životinje uzrokovane fiziološkim i patološkim procesima. Berry i sur. (2003.) ističu da se termovizijskom kamerom može vrlo brzo i jednostavno uočiti povećana temperatura te se mogu dijagnosticirati upala ili ozljeda na tijelu. Razlog tomu je što temperatura ekstremiteta i kože u velikoj mjeri ovisi o cirkulaciji i metaboličkom stanju tog dijela tkiva. Rano otkrivanje mastitisa i šepavosti posebno je važno u govedarskoj proizvodnji. Međutim, Sellier i sur. (2014.) naglašavaju da infracrvena termovizijska kamera očitava površinsku temperaturu životinje, koja ovisi o njejoj unutarnjoj temperaturi ali i vanjskim uvjetima kao što su: temperatura okoline, vlažnost, brzina zraka, zračenje sunčeve svjetlosti, te zračenja okolnih površina npr. zidova oko životinje u vrijeme mjerenja



Slika 7. Ilustrativni dijagram principa rada infracrvene termografske kamere.

(Izvor: <https://www.mdpi.com/2076-2615/13/8/1425>)

#### 2.1.6. Mikrofolni

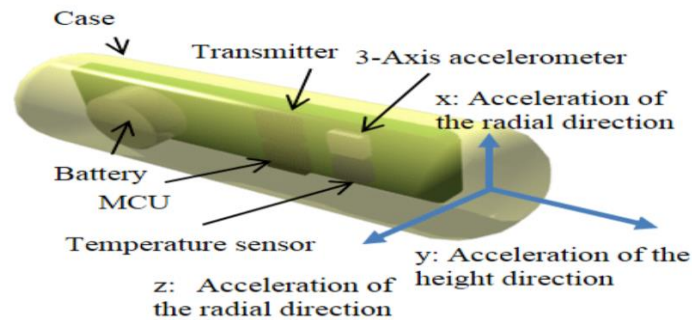
Glisanje životinja vrlo je bitan podatak i pokazatelj njihovog fiziološkog i psihološkog funkcioniranja. Glasovno ponašanje igra zapaženu ulogu u oglašavanju estrusa, agonije, upozorenja (Watts i sur., 2000.). Deniz i sur. (2017.) navode kako prema (Claphamu i sur., 2011.) postupak praćenja aktivnosti hranjenja preživača ima dva koraka: zvuk se snima i pohranjuje pomoću komercijalnog uređaja za snimanje zvuka, a zatim snimljeni zvukovi se analiziraju na stolnom računaru. Unatoč svim razvojem, ne postoji prijenosni uređaj koji bi mogao u stvarnom vremenu analizirati zvukove koje proizvode preživači kako bi otkrio i klasificirao događaje sa ispaše (Deniz i sur., 2017.).

#### 2.1.7. Bolus senzori

Upotreba bolusa buraga u uzgoju goveda danas nije široko rasprostranjena zbog visoke cijene senzora u usporedbi s vanjskim sensorima koji se koriste u drugim sustavima za dijagnostiku u preciznom stočarstvu. Zbog visoke korelacije između senzorskih pH podataka i onih dobivenih kalibriranim laboratorijskim pH sondama, bolusi u rumenima postali su prihvaćeni alati za mjerenje pH u buragu. Zbog iznimno kratkog vijeka trajanja za mjerenje pH, bolusi buraga trenutno se koriste prvenstveno u istraživačke svrhe. Ovi mjerni sustavi su neinvazivna alternativa kirurgiji koja koristi pH sondu kalibriranu s referentnom otopinom, jedinicu za obradu koja bilježi pH signal i pretvarač koji pretvara pH signal u radiofrekvenciju i prijemnik. Osim procjene pH-vrijednosti buraga, senzori za bolus također mogu mjeriti promjene

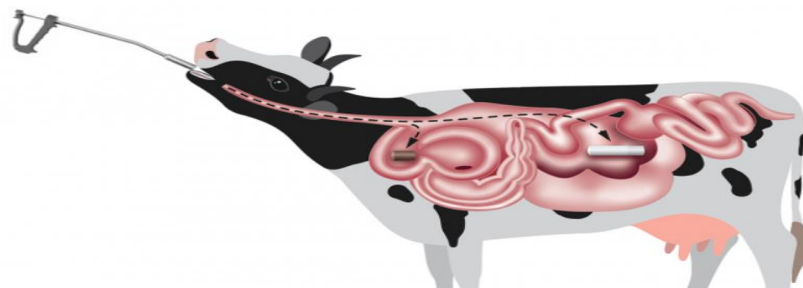


temperature buraga, odražavajući promjenu u fiziološkom stanju životinja. Bolusi u buragu obično su usmjereni na mjerenje tri glavna parametra: temperaturu, aktivnost kretanja (uključujući ruminaciju) i pH. Senzori prikladni za mjerenje pH koriste elektrode u izravnom kontaktu s tekućinom buraga; stoga su skloni koroziji, što dramatično skraćuje njihov životni vijek na nekoliko mjeseci (Hajnal i sur., 2022.).



Slika 8. Građa bolus senzora

(Izvor : [https://www.researchgate.net/figure/Model-of-a-bolus-type-sensor-node\\_fig1\\_315909544](https://www.researchgate.net/figure/Model-of-a-bolus-type-sensor-node_fig1_315909544))



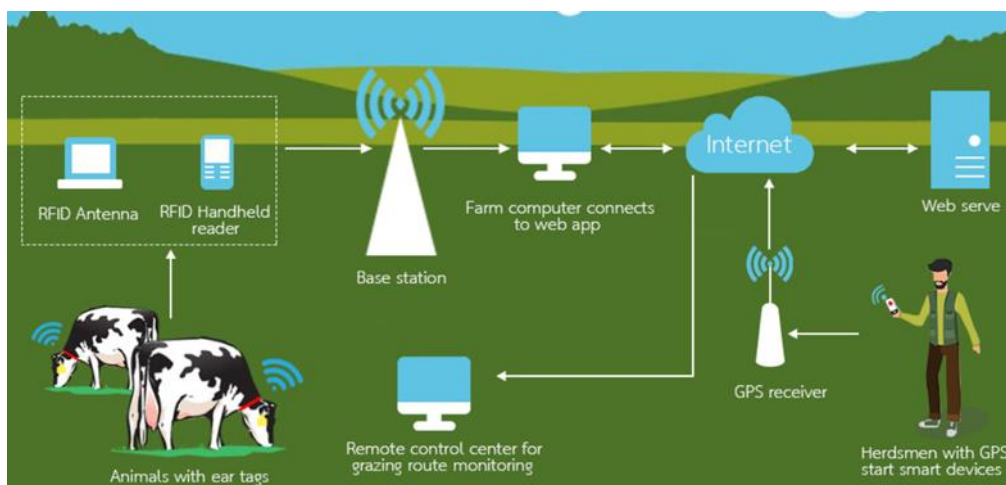
Slika 9. Način aplikacije i položaj bolusa u buragu

(Izvor: <https://bolusy.pl/bolus-technology>)

#### 2.1.8. Radio frekvencijska identifikacijska tehnologija (RFID)

Posljednjih godina se pojavila senzorska tehnologija radiofrekvencijske identifikacije (RFID) te u stočarstvu pokrenula novu veliku seriju primjena (Rayhana i sur., 2021.). RFID označava kraticu za Radio Frequency Identification, a označava tehnologije koje omogućuju identifikaciju objekata korištenjem radio frekvencija. RFID - sustav automatske identifikacije, velika je industrija s rastućom upotrebom (Dogan, 2023.). RFID sustav se sastoji od: RFID

oznake, čitača (antene) i sustava za obradu RFID podataka. Antena prenosi magnetsko polje, a oznake koriste energiju iz magnetskog polja za slanje koda natrag na antenu. Antena prima kod i prosljeđuje podatke u sustav upravljanja. Sustav upravljanja obrađuje podatke koje je primio i pokreće praćenje boravka životinje i podatke o proizvodnji. Domet RFID sustava je do 100 metara. U bazi se može dobiti uvid u ogroman broj podataka životinja (Anu i sur., 2015.). Koriste se uglavnom tri glavne vrste pločica koje se koriste za identifikaciju životinja: bolusi, ušne pločice i staklene pločice za injekcije koje se ubrizgavaju pod kožu (Caja i sur., 1999.). RFID oznake mogu se grupirati u dvije kategorije prema frekvencijskom pojasu nosača: LF (niskofrekventne) oznake funkcioniraju na 125–134,2 kHz, dok HF (visoke frekvencije) oznake funkcioniraju na 13,56 MHz. Jedinstvenost RFID oznaka je da se životinja može pratiti dok se kreće s lokacije na lokaciju, od prvog trenutka rođenja do trenutka klanja. Glavna pokretačka misao dizajna sustava bila je integracija najsuvremenijih mobilnih uređaja sa sveobuhvatnim sustavom za upravljanje informacijama o podacima koji omogućuje distribuiranu pohranu i obradu podataka o životinjama i cjelokupnoj proizvodnji (Voulodimos i sur., 2010.).



Slika 10. Princip rada RFID sustav

(Izvor: <https://www.gwrfid.com/rfid-in-livestock/>)

### 2.1.9. Nosni senzori

U sustavu precizne proizvodnje mlijeka, promatranje indigestivnog i ruminacijskog ponašanja mliječnih krava može pomoći u otkrivanju bolesti, procjeni performansi životinja, procjeni individualnog unosa na ispaši i procjeni dobrobiti životinja (Li i sur., 2021.). Razvijeni su

različiti sustavi za automatsko bilježenje osobina ponašanja životinja; među njima je RumiWatch System (RWS). RWS je ugrađen na ular za krave (Zehner i sur., 2012.), a uređaj kombinira 2 senzora, senzor tlaka spojen na cijev napunjenu propilen glikolom za otkrivanje promjena tlaka i troosni akcelerometar za otkrivanje trodimenzionalnih pokreta glave. Podaci prikupljeni senzorom snimaju se s frekvencijom od 10 Hz i pohranjuju u digitalnoj memorijskoj kartici (Rombach i sur., 2017.).



Slika 11. Nosni senzor

(Izvor: [https://www.researchgate.net/figure/Technical-components-of-the-RumiWatch-noseband-sensor\\_fig1\\_314238699](https://www.researchgate.net/figure/Technical-components-of-the-RumiWatch-noseband-sensor_fig1_314238699))

## 2.2. Primjena informacijsko komunikacijske tehnologije u otkrivanju estrusa

Danas je otkrivanje estrusa kod krava izazovno i dostupno je nekoliko pomoćnih alata za pomoć pri njegovom ranom otkrivanju (Schweitzer i sur., 2019.). Mehaničko praćenje daje podatke u stvarnom vremenu pa je samim tim i rana detekcija estrusa točnija (Tzanidakis i sur., 2021.). Sustavi koji se temelje na sensorima smanjuju potrebu za ljudskom prisutnošću i dizajnirani su za nadzor 0-24 sata. Kako bi se na vrijeme otkrili rani znakovi estrusa prije nego vizualni znakovi postanu očiti, koristeći senzore integrirane na sustavima interneta (IoT), farmeri daljinski mogu pratiti događaje estrusa te na vrijeme obaviti oplodnju (Sharifuzzaman i sur., 2024.). Najveći dio istraživanja i većina dostupnih sustava za praćenje usredotočena je na jednu specifičnu funkciju (npr. estrus) te korištenje jednog senzora (npr. pedometar, akcelerometar) što je najčešće ne praktično te zahtijeva od farmera da kupi i integrira različite sustave od različitih proizvođača ovisno o namjeni te samim time povećava troškove, obuke radnika, održavanja te implementacije (Benaissa i sur., 2020). Značajno smanjenje troškova korištenja više vrsta senzora može se smanjiti pametnim i pomnim planiranjem i kombiniranjem različitih

senzora koji rade neovisno jedan o drugom. Kao primjer, kada akcelerometar na nozi otkrije kravu u ležećem položaju, senzor za lokalizaciju može se isključiti dok se ne otkrije da krava mijenja položaj (Gomez i sur., 2010.). Promjena ponašanja životinja te slaba osjetljivost senzora pridonose u nepravilnostima i netočnosti informacija koje se dobivaju kao krajnji rezultat. Nepravilno i nestručno postavljanje samih senzora i ugradnje sustava također mogu rezultirati pogrešnim tumačenjima (Sharifuzzaman i sur., 2024.). Podaci o kretanju životinje temeljeni na informacijama iz akcelerometra analizirani su i obrađeni algoritmima i strojnim učenjem, što je rezultiralo upozorenjima o mogućem estrusu. 3D-akcelerometar postavljen u ušnu markicu (SMARTBOW, Smartbow GmbH, Weibern, Austrija) korišten je za detekciju krava u estrusu (Tzanidakis i sur., 2021.). Akcelerometri (postavljeni na vrat i nogu) i ultraširokopojasni (UWB) unutarnji senzori lokalizacije najčešće se koriste u kombinaciji za otkrivanje estrusa i teljenja kod mliječnih krava (Benaissa i sur., 2020.). Nebel i sur. (1997.), de Mol (2001.) opisuju nekoliko tehničkih mogućnosti praćenja sezone parenja kao što su, npr. redovito promatranje estrusa, redovito mjerenje progesterona u mlijeku, detektori topline, pedometri, električni otpor i promjena temperature u mlijeku i tijelu. Pedometri i transponderi igraju važnu ulogu u prikupljanju informacija od životinja i procjeni zdravlja životinja i estrusa. Noviji tip pedometra, nazvan ALT pedometar, mjeri tri parametra (aktivnost, vrijeme ležanja i temperaturu). Podudarnost između mjerenih parametara, aktivnosti i vremena ležanja, omogućuje rano i sigurno davanje podatka o bolestima životinja i vremenu ciklusa estrusa (Brehme i sur., 2008.). Stopa detekcije estrusa je pri praćenju vaginalne temperature veća svakih sat vremena, nego pri korištenju pedometra (Sakatani i sur., 2016.). Miura i sur. (2017.) navode da je nekoliko studija (Mosher i sur., 1990., Redden i sur., 1993., Kyle i sur., 1998., Suthar i sur., 2011.) ukazalo na povezanost između tjelesne temperature i estrusa u goveda, s povećanjem vaginalne temperature od 0,3–1,0 °C tijekom estrusne faze estralnog ciklusa. Razvijeni su bežični senzori koji se mogu pričvrstiti na bazu ventralne površine kravljeg repa a građeni su od glavne jedinice i termistora .

### 3. MATERIJALI I METODE

#### 3.1. Lokacija i oprema korištena u istraživanju

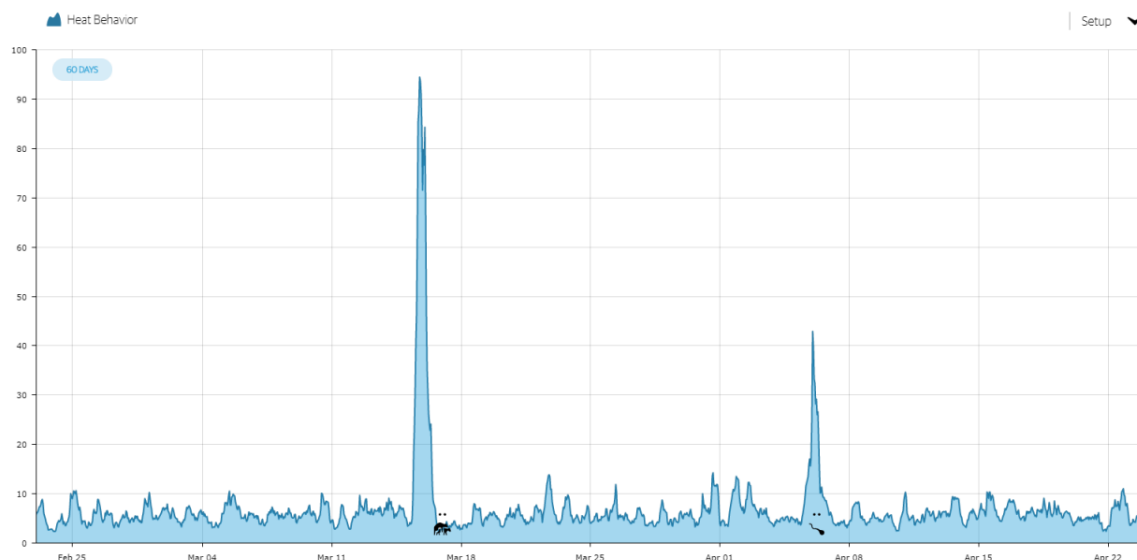
Istraživanje je rađeno na farmi Prosine koja je u vlasništvu firme Belje plus d.o.o.. Farma Prosine namijenjena je za uzgoj junica. U kontrolirani uvod u pripust junice su ulazile sa starošću od 12,5 mjeseci. Tada su dobivale ogrlice sa tagom i započinjalo se sa praćenjem aktivnosti. Preduvjeti za puštanje u pripust bili su da junice budu minimalno 13 mjeseci stare i da budu teže od 370 kg.



Slika 12. Junica u programu pripusta sa ogrlicom

(Izvor: Vuksanović 2024.)

U istraživanju je korišten Allflex – SenseHub™ sustav za otkrivanje pojačane aktivnosti junica, na osnovu čaga se otkrivao estrus i pravo vrijeme za osjemenjivanje. Na osnovu grafikona, izvještaja i postotka indeksa tjeranja koje je taj sustav prikazivao određivano je vrijeme osjemenjivanja svake pojedine junice. Na slici 13. prikazano je praćenje aktivnosti junica i detekcija estrusa.



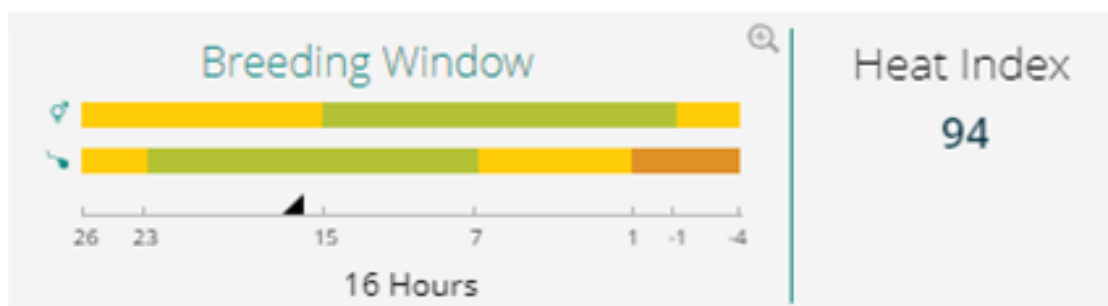
Slika 13. Grafički prikaz pojačane aktivnosti junica koje su u estrusu (SenseHub™)

Animals in Heat | 6 🐄

5297203666		Group Default	DIM/Age 204		Heat Index 99
5297204091		Group Default	DIM/Age 258		Heat Index 94
5297204126		Group Default	DIM/Age 200		Heat Index 97
5297204348		Group Default	DIM/Age 74		Heat Index 74
5297204403		Group Default	DIM/Age 154		Heat Index 93
5297203571		Group Hold 5	DIM/Age 136		Heat Index 98

Slika 14. Izvještaj junica koje su u tjeranju i pripadajuća vrijednost indeks tjeranja (SenseHub™)

Pomoću izvještaja (slika 14) koje je Sense Hub sustav izbacivao birao se dan i vrijeme za osjemenjivanje junica. Također, ukoliko je omogućena opcija korištenja seksiranog sjemena, tada su se prikazivala dva prozora za UO (gornji prozor za uzgoj je za seksirano sjeme, donji prozor za uzgoj je za konvencionalno sjeme) (Slika 15.). Svaka boja je imala svoje određeno značenje što je objašnjeno u tablici 1.



Slika 15. Prikaz vremenske crte kada je pogodno vrijeme za osjemenjivanje i koliki je indeks tjeranja (engl. *Heat Indeks*) (SenseHub™)

Tablica 1. Objašnjenje vremenske crte:

Prozorska zona UO	Opis
Prva žuta zona	26-23 sata. UO tijekom tog vremenskog okvira može rezultirati nižim stopama začeca.
Zelena zona	23-8 sati. Ovo je optimalni prozor za UO. Osjemenjivanje tijekom tog vremena može rezultirati najvišim stopama začeca.
Druga žuta zona	8-1 sati. UO tijekom tog vremenskog okvira može rezultirati nižim stopama začeca.
Crvena zona	1-(-4) sata. UO tijekom tog vremenskog okvira može rezultirati najnižim stopama začeca.

### 3.2. Analiza i statistička obrada podataka

Za potrebe ovoga diplomskog rada korištena je baza podataka s farme u razdoblju od 2016. do 2024. godine. Razdoblje od 2016. do 2021. godine je razdoblje prije korištenja Allflex – SenseHub™ sustava, dok je od 2022. do 2024. godine razdoblje tijekom kojeg je korišten Allflex – SenseHub™ sustav. Napravljena je analiza podataka vezanih za broj osjemenjenih i steonih junica, te postotak koncepcije i indeks osjemenjivanja.

Statistička obrada podataka rađena je u programu StatSoft Statistica. Utjecaj ICT tehnologije (Allflex – SenseHub™ sustav) na uspješnost koncepcije te višestruka usporedba između srednjih vrijednosti promatranih svojstava rađena je pomoću analize varijance (ANOVA), a provjera značajnosti razlika testiran je sa Post Hoc testom ( $p < 0,0001$ ).

#### 4. REZULTATI

Tijekom razdoblja istraživanja koje je bilo od siječnja 2016. godine pa sve do četvrtog mjeseca 2024. godine prosječno je po mjesecu osjemenjivano 257,4 junica, dok je maksimalan broj osjemenjivanja iznosio 414,0 a minimalni 129,0 junica (Tablica 2.). Od tog broja osjemenjenih junica njih 122,7 je bilo u prosjeku steono po mjesecu istraživanog razdoblja. Minimalna vrijednost postotka koncepcije iznosila je 30,0 a maksimalna 67,9 % mjesečno, dok je indeks osjemenjivanja u prosjeku iznosio 2,1 (Tablica 2.).

Tablica 2. Deskriptivna statistika po mjesecima

	X	Min	Max	SD	SE
UO	257,4	129,0	414,0	57,9	5,79
Steono	122,7	64,0	209,0	33,9	3,39
Koncepcija	47,9	30,0	67,9	8,4	0,84
Indeks UO	2,1	1,4	3,0	0,4	0,04

UO-umjetno osjemenjivanje; X-srednja vrijednost; Min-minimum; Max-maksimum; SD-standardna devijacija; Se-standardna pogreška

Gledano na godišnjoj razini prosječan broj osjemenjenih junica iznosio je 2860,1, dok je maksimalan broj osjemenjivanja iznosio 3673,0 a minimalni 1066,0 junica (Tablica 3.). Od tog broja junica njih 1363,1 je bilo u prosjeku steono po svakoj godini istraživanja. Minimalna vrijednost postotka koncepcije iznosila je 36,3 a maksimalna 57,6 % godišnje, dok je indeks osjemenjivanja u prosjeku iznosio 2,1 (Tablica 3.).

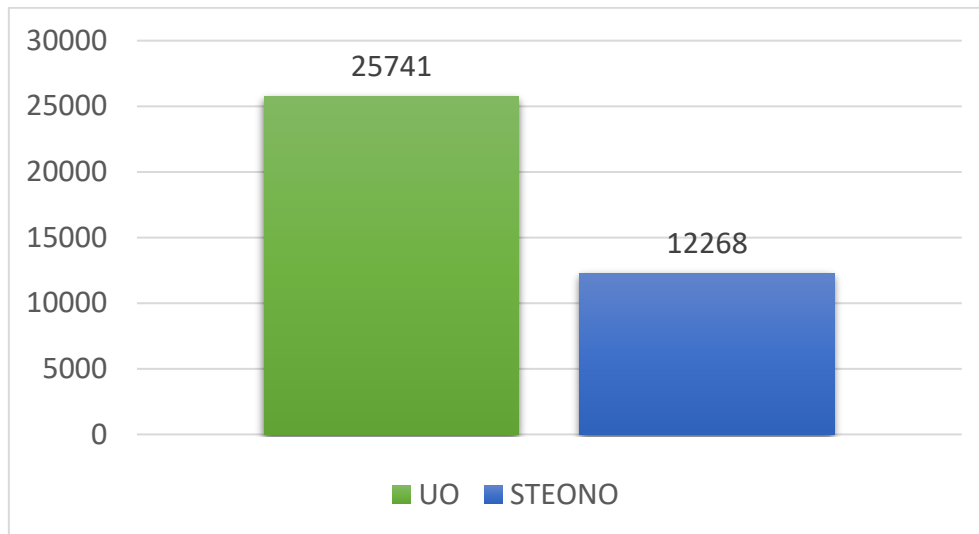
Tablica 3. Deskriptivna statistika po godinama

	X	Min	Max	SD	SE
UO	2860,1	1066,0	3673,0	736,2	245,4
Steono	1363,1	613,0	1819,0	324,6	108,2
Koncepcija	48,7	36,3	57,6	6,7	2,2
Indeks UO	2,1	1,6	2,3	0,3	0,1

UO-umjetno osjemenjivanje; X-srednja vrijednost; Min-minimum; Max-maksimum; SD-standardna devijacija; Se-standardna pogreška

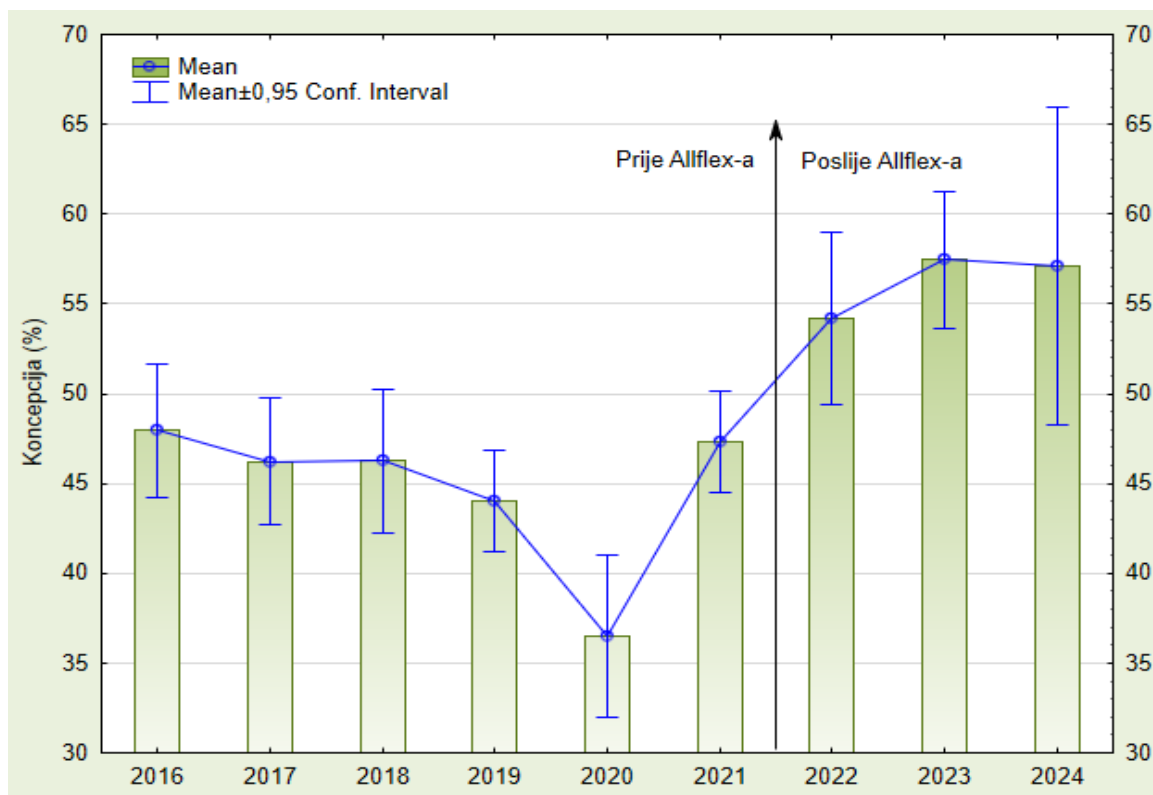


Kada gledamo sumarno za cijelo razdoblje istraživanja ukupno je osjemenjeno 25 741 junica a od tog broja je ostalo steono ukupno 12 268 junica (Grafikon 1.).



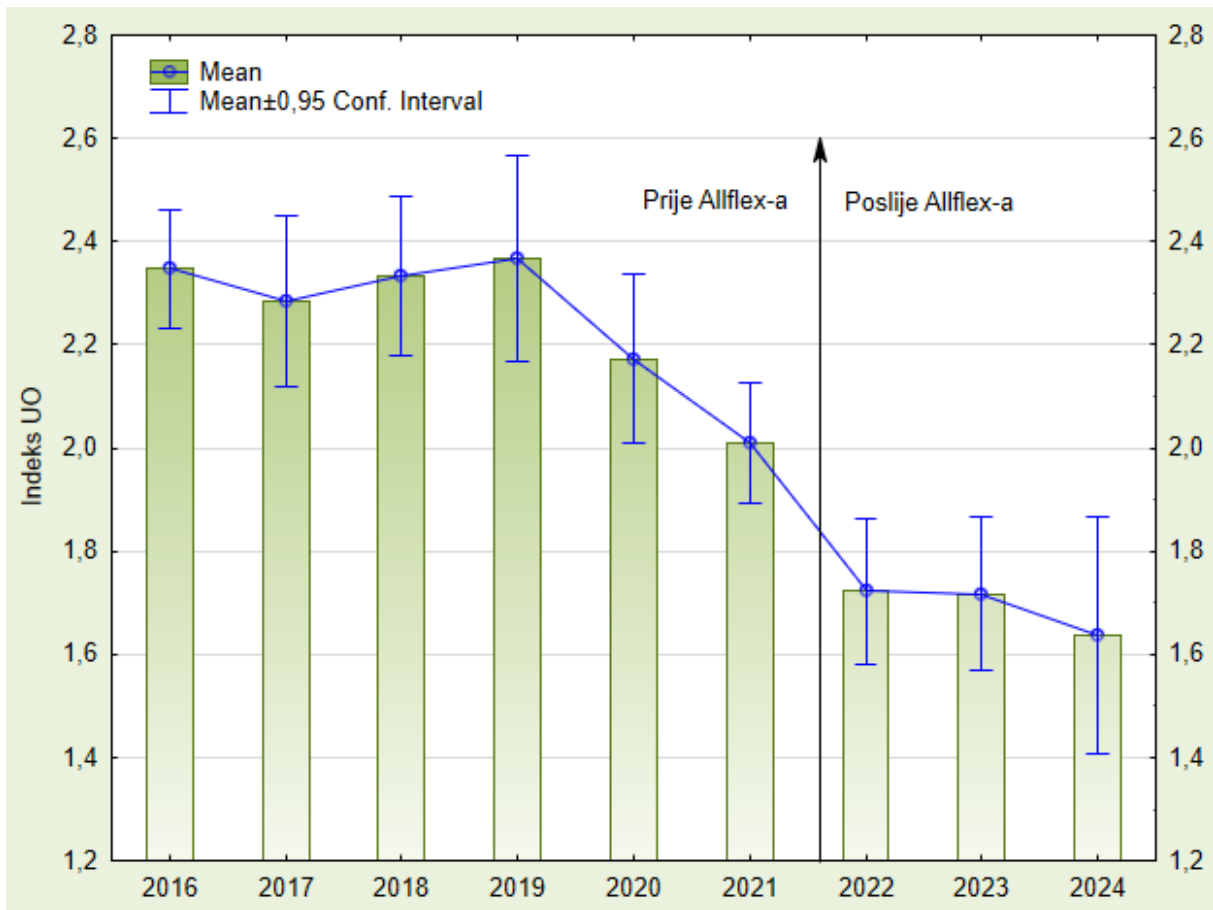
Grafikon 1. Ukupan broj osjemenjenih i steonih junica za sve promatrane godine istraživanja

U grafikonu 2. je prikazano kretanje postotka koncepcije od siječnja 2016. do travnja 2024. godine. Jasnije je vidljivo da je postotak koncepcije bio u laganom padu od 2016. do 2019. godine, zatim je u 2020. godini bio najniži u iznosu od 36,3%, nakon čega je porastao na 47,4%.



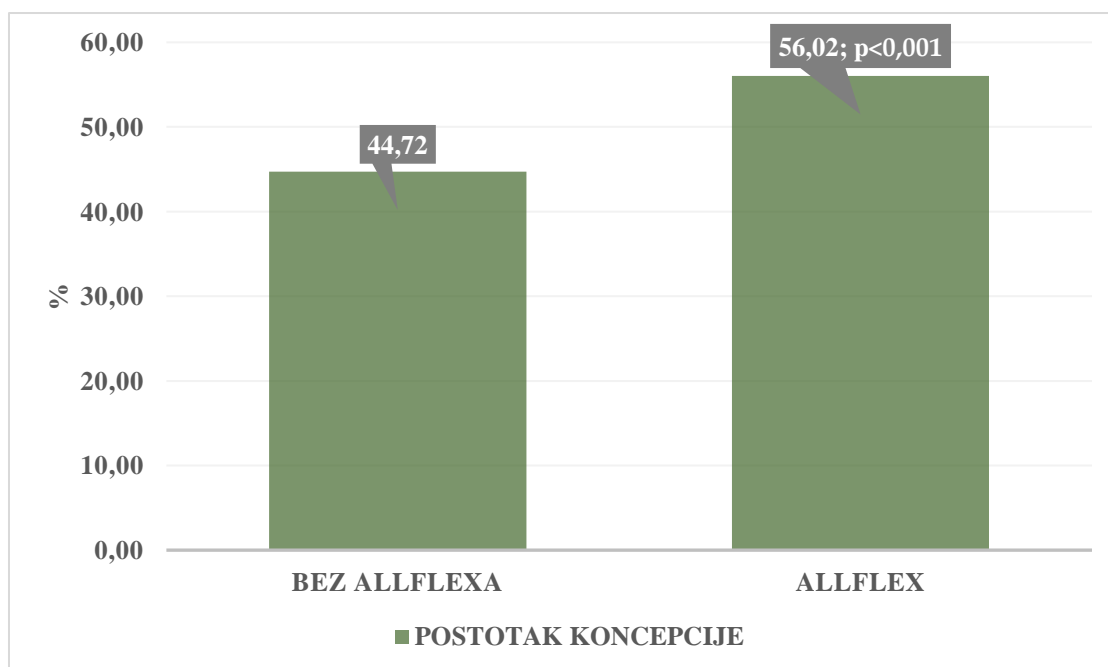
Grafikon 2. Prikaz kretanja postotka koncepcije kroz razdoblje istraživanja

Ono što je još vidljivo jeste porast postotka koncepcije u razdoblju od 2022. do 2024. godine (53,2%, 57,6%, 57,5%) tijekom kojeg je korišten Allflex – SenseHub™ sustav za detekciju estrusa. Kada se gleda indeks osjemenjivanja, u razdoblju od 2016. do 2021. godine njegova vrijednost se kretala od 2,3 do 2,0 (Grafikon 3.), dok je u razdoblju korištenja Allflex – SenseHub™ sustava od 2022. do 2024. godine indeks osjemenjivanja iznosio puno niže od 1,7 i 1,6 (Grafikon 3.).



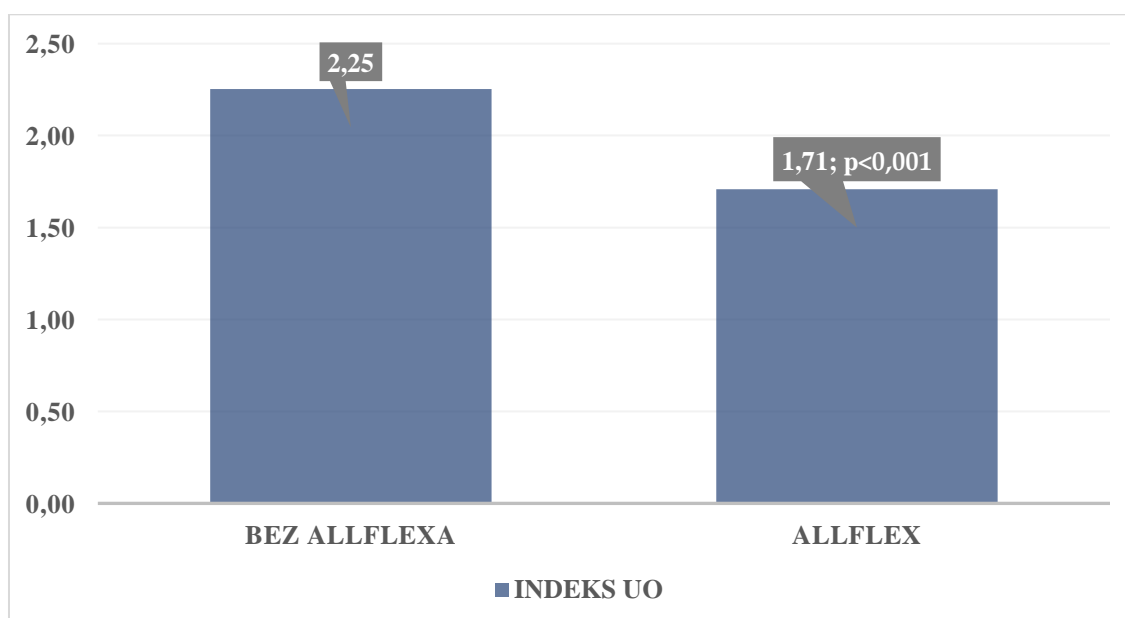
Grafikon 3. Prikaz kretanja indeksa osjemenjivanja kroz razdoblje istraživanja

Nakon statističke obrade podataka utvrđena je visoko signifikantna razlika ( $p < 0,0001$ ) između istraživanih godina. Godine u kojima se nije koristila ICT tehnologija (Allflex – SenseHub™ sustav) za otkrivanje estrusa od 2016. do 2021. postotak koncepcije je iznosio 44,72% dok je u godinama tijekom kojih je korišten Allflex od 2022. do 2024. godine postotak koncepcije bio značajno ( $p < 0,0001$ ) veći a iznosio je 56,02% (Grafikon 4.).



Grafikon 4. Prikaz prosječnih vrijednosti postotka koncepcije između istraživanih grupa

Kada se promatra indeks osjemenjivanja (Grafikon 5.) uvida se visoko značajna ( $p < 0,0001$ ) razlika između godina. Razdoblje u kojem se nije koristio Allflex – SenseHub™ sustav indeks osjemenjivanja je bio značajno veći (2,25) u odnosu na razdoblje kada se ta ICT tehnologija primjenjivala (1,71).



Grafikon 5. Prikaz prosječnih vrijednosti indeksa osjemenjivanja između istraživanih grupa

Na osnovu dobivenih rezultata istraživanja utvrđene su značajne razlike u postotku koncepcije i indeksu osjemenjivanja čime se prihvaćaju obje hipoteze rada, kako slijedi:

- primjenom ICT tehnologije, što je u ovom slučaju bio Allflex – SenseHub™ sustav, povećao se postotak koncepcije na farmi.
- primjenom ICT tehnologije, što je u ovom slučaju bio Allflex – SenseHub™ sustav, smanjio se indeks osjemenjivanja na farmi.

## 5. RASPRAVA

Otkrivanje estrusa i pravog trenutka osjemenjivanja krava je vrlo bitno u intenzivnoj proizvodnji mlijeka. Prema navodima Rutten i sur. (2014.) primjenom inovativnih tehnologija povećava se vjerojatnost da krave u estrusu postanu gravidne čime se skraćuje interval teljenja, što je vrlo ekonomično. Korištenjem senzora za automatizirano otkrivanje estrusa mogla bi se poboljšati stopa otkrivanja estrusa bez povećanja utroška rada. Senzori na bazi mjerenja aktivnosti krava najviše su korišteni i proučavani te bi mogli poboljšati otkrivanje estrusa u usporedbi s vizualnim otkrivanjem od strane farmera. Sve navedeno je potvrđeno u ovom istraživanju, jer je utvrđeno značajno povećanje steonih junica nakon što je farma počela koristiti sustav za praćenje aktivnosti životinja. Tijekom četiri godine prije korištenja Allflex-a postotak koncepcije je bio u znatnom padu (sa 56 na 30%), s izuzetkom u 2021. godine nakon čega je značajno porastao broj steonih junica odnosno postotak koncepcije je bio u porastu (sa 55 na 68%).

Estrus se definira kao razdoblje kada je ženka spremna za parenje sa zrelim mužjakom. Odnosno, to je trenutak kada jajnici krave oslobađaju oocite i spremni su prihvatiti spermije te ona može ostati steona (Palmer i sur., 2010.). Tijekom razdoblja estrusa, ženke prolaze kroz promjene u ponašanju zbog promjena u razini progesterona i estrogena, a najizraženiji znak estrusa je „fazi stajanja“. Prema Roelofs i sur. (2005.). to se događa  $28,7 \pm 5,3^h$  prije ovulacije. Tijekom tog razdoblja, krave mirno stoje i dopuštaju da ih „zaskoče“ druge krave. Prosječno trajanje faze stajanja je 15 do 18 sati, ali trajanje estrusa kod krava može varirati od 8 do 30 sati. Znakovi tjeranja odnosno naskakivanje krava se najčešće događa u noćnom razdoblju (18:00 – 6:00 ujutro), pri čemu se do 68% sve većih događaja događa noću. Sekundarni znakovi estrusa variraju u trajanju i intenzitetu i odnose se na: povećanje kretanja u staji, smanjenje unosa hrane i vode, pojačani vaginalni iscjedak, njuškanje genitalija drugih krava, oteklina i crvenilo vulve, naslonjena brada i trljanje leđa druge krave i pojačano vokalizacija (Röttgen i sur., 2018.). Kada se ponašanje estrusa otkrije vizualno promatranjem, krava bi trebala biti osjemenjena 4-12 sati nakon što se uočila faza stajanja, odnosno kada se to uoči ujutro, treba ih osjemeniti poslijepodne i, ako se otkrije kasno poslijepodne, kravu treba osjemeniti ujutro.

U ovom istraživanju je korišten suvremeni sustav za otkrivanje estrusa na bazi akcelometara pričvršćenih na ogrlicu krave, a prema navodima Alves dos Santos i sur. (2022.) akcelerometri i pedometri su trenutno glavni dostupni sustavi za otkrivanje estrusa. Isti autori također navode da uporaba takvih tehnologija može pomoći u kontroli zooteničkih podataka na farmi te optimizaciji korištenje rada. Akcelerometri bilježe aktivnost krava povezana s pokretima glave

i vrata i ponašanja kod „naskakivanja“ drugih krava, te pretvaraju te aktivnosti u indeks koji predstavlja ponderirano standardno odstupanje svake bazalne aktivnosti same krave (Reith i sur., 2018.). Rezultati u ovom istraživanju pokazali su opravdanost korištenja ICT tehnologije u otkrivanju estrusa, budući da je farma tijekom korištenja Allflex sustava poboljšala postotak koncepcije i smanjila indeks osjemenjivanja po junici. Utvrđena je značajno veći prosječni postotak koncepcije u stadu u iznosu od 56,02% naspram 44,72%, koliko je bilo u godinama prije uporabe Allflex sustava. Pouzdanost uporabe ICT tehnologije u pravovremenom otkrivanju estrusa potvrdili su i Silper i sur. (2015.) koji su u svom istraživanju analizirali dva komercijalna sustava za detekciju estrusa, akcelerometar pričvršćen na ogrlicu, HeaTime i pedometar pričvršćen na nogu krave, IceTag. Navedeni autori su dobili pozitivnu prediktivnu vrijednost od 84,7% odnosno 98,7%, što znači da su oba sustava točno identificirala estrus u korelaciji sa vizualnim znakovima estrusa i vremenu estrusa. Pozitivan učinak korištenja akcelometara u detekciji estrusa utvrđen je i u istraživanju Schwenizer i sur. (2019.) koji su uočili stopu osjetljivosti od 97% i specifičnosti od 98%, pokazujući da je sustav prikladan za detekciju estrusa kod krava na farmama zatvorenog tipa. Pojačanu dnevnu aktivnost tijekom estrusa (povećanje broja koraka) za 2 do 4 puta također su utvrdili u prijašnjim istraživanjima Redden i sur. (1993.) i Roelofs i sur. (2005.). Nadalje, Dolecheck i sur. (2015.) ističu veliki potencijal i prednost u uporabi informacijsko-komunikacijski tehnologija u detekciji estrusa u usporedbi sa vizualnim tehnikama. Navedeni autori su u istraživanju na 32 krave utvrdili stopu osjetljivosti od 62,1%, specifičnosti od 100%, i točnost detekcije estrusa u iznosu od 65,6%. Silper i sur. (2017.) su u svom istraživanju vođeni činjenicom o povećanoj tjelesnoj aktivnosti tijekom estrusa, prepostavili su da će trajanje ležanje tijekom estrusa biti skraćeno te da će biti u negativnoj korelaciji s aktivnošću. To su i potvrdili i zaključili da je promjena u duljini ležanja odnosno skraćenom vremenu ležanja povezana s plodnošću te autori sugeriraju veliki potencijal u primjeni monitora za praćenje aktivnosti životinja na farmama (npr. povećano otkrivanje estrusa, predviđanje plodnosti).

At-Taras i Spahr (2001.) ističu da je faza stajanja bio primarni i najkarakterističniji vanjski znak za određivanje kada je krava u estrusu i kada je pravo vrijeme za umjetno osjemenjivanje. Međutim prema drugim prijašnjim istraživanjima (Peralta i sur., 2005.; Sveberg i sur., 2013.) dokumentiran je sve veći pad u broju krava (<50%) koje pokazuju estrus u fazi stajanja. Prema Sveberg i sur. (2011.) da bi se događaj definirao kao događaj stajanja, krava bi morala mirno stajati u trajanju od minimalno 2 sekunde. Na osnovu navedenog Reith i Hoy (2018.) predlažu da se u pouzdanom otkrivanju estrusa osim faze stajanja svakako uključe i sekundarni znaci estrusa poput naskakivanja, pokušaja naskakivanja ili pak naslanjanje glave na tijelo krave. Kao

doprinos ovim saznanjima rezultati u ovom istraživanju također potvrđuju nužnost praćenja sekundarnih znakova tjeranja, budući da sustav Allflex prati aktivnosti koje uključuju i naskakivanje, pokušaj naskakivanja, nemir, kao i ruminaciju te duljinu hranjenja. Primjena ICT tehnologija u kombinaciji sa vizualnim praćenjem ili fiziološkim parametrima značajno poboljšavaju praćenje fiziološkog i zdravstvenog stanja životinja čime se olakšava i unaprjeđuje tehnologija proizvodnje na govedarskim farmama.

## 6. ZAKLJUČAK

U današnjem dobu napredne tehnologije je nezamislivo baviti se ozbiljnim stočarstvom ukoliko ne koristimo neku vrstu senzora kao pomoć. Ukoliko proizvođač misli biti konkurentan i pratiti trendove tržišta mora zadovoljavati određene norme i parametre. Korištenje ICT tehnologija omogućuje lakši, točniji i brži pristup, protok i obradu prikupljenih informacija. Pravilnim korištenjem i razumijevanjem dobivenih informacija unapređujemo proizvodnju, poboljšavamo kvalitetu života samih životinja, poboljšavamo kvalitetu proizvoda dobivenih od životinja te smanjujemo troškove proizvodnje. Upotreba senzora omogućuje praćenje veće grupe životinja te kontinuirano primanje podataka o svakoj jedinki u stadu. Vrlo je važno za svakog korisnika ICT tehnologija ako je moguće financijski biti u trendu sa novim tehnologijama te se redovno educirati te savjetovati o upotrebi i načinu korištenja i iskorištenja pojedinih senzora. Pravilno planiranje proizvodnje i upotreba senzora uvelike smanjuje financijske gubitke i unapređuje proizvodnju.



## 7. POPIS LITERATURE

1. Alves dos Santos, C., Landim, N. M. D., de Araújo, H. X., do Prado Paim, T. (2022.): Automated Systems for Estrous and Calving Detection in Dairy Cattle. *AgriEngineering*, 4: 475–482.
2. Alsaad, M., Büscher, W. (2012.): Detection of hoof lesions using digital infrared thermography in dairy cows, *J. Dairy Sci.*, 95: 735-742.
3. Anu, V. M., Deepika, M. I., Gladance, L. M. (2015.): Animal identification and data management using RFID technology, *International Conference on Innovation Information in Computing Technologies*, 1-6.
4. At-Taras, E.E., Spahr, S.L. (2001.): Detection and characterization of estrus in dairy cattle with an electronic heatmount detector and an electronic activity tag. *J. Dairy Sci.*, 84: 792–798.
5. Benjamin, M., Yik, S. (2019.) : Precision Livestock Farming in Swine Welfare: A Review for Swine Practitioners. *Animals (Basel)*, 9(4):133.
6. Benaissa, S., Tuytens, F.A.M., Plets, D., Trogh, J., Martens, L., Vandaele, L., Joseph, W., Sonck, B.(2020.): Calving and estrus detection in dairy cattle using a combination of indoor localization and accelerometer sensors, *Computers and Electronics in Agriculture*, Volume 168: 105153.
7. Berckmans, D.(2014.): Precision livestock farming technologies for welfare management in intensive livestock systems, 33(1): 189-196.
8. Berry R. J., Kennedy A.D., Scott S. L., Kyle B. L., Schaefer A. L. (2003.): Daily variation in the udder surface temperature of dairy cows measured by infrared thermography: Potential for mastitis detection, *Canadian Journal of Animal Science* 83: 687–693.
9. Bewley, J. (2010.): Precision Dairy Farming: Advanced Analysis Solutions for Future Profitability. *The First North American Conference on Precision Dairy Management*.
10. Boldizsár, P. (2012.) : A precíziós tejtermelés megvalósítása a gyakorlatban – DeLaval „Smart Farming”. *Agrártudományi Közlemények*, 49: 119-122.
11. Brehme, U., Stollberg, U., Holz, R., Schleusener, T. (2006) : ALT pedometer – a new sensor-aided measurement system for improvement in oestrus detection, *Res. Agr. Eng.*, (1): 1–10.
12. Brehme, U., Stollberg, U., Holz, R., Schleusener, T.(2008.): ALT pedometer—New sensor-aided measurement system for improvement in oestrus detection, *Computers and Electronics in Agriculture*, 62(1): 73-80.

13. Caja,G., Castro-Costa,A., Knight,H.C. (2016.):Engineering to support wellbeing of dairy animals, *Journal of Dairy Research* , 83(2):136 – 147.
14. Caja,G., Conill,C., Nehring, R.,Ribó, O.(1999.) : Development of a ceramic bolus for the permanent electronic identification of sheep, goat and cattle, *Computers and Electronics in Agriculture*, 24( 1–2): 45-63.
15. Chapa, J.M., Maschat, K., Iwersen, M., Baumgartner, J., Drillich, M.(2020.): Accelerometer systems as tools for health and welfare assessment in cattle and pigs – A review, *Behavioural Processes*, 181: 104262.
16. Clapham, W.M., , Fedders, J.M., Beemanb, K., Neel,J. P.S.(2011.):Acoustic monitoring system to quantify ingestive behavior of free-grazing cattle, *Computers and Electronics in Agriculture*, 76(1): 96-104.
17. Deniz, N.N., Chelotti, J.O., Galli, J.R., Planisich , A.M., Larripa , M.J., Leonardo, H., Giovanini, L.L.(2017.): Embedded system for real-time monitoring of foraging behavior of grazing cattle using acoustic signals, *Computers and Electronics in Agriculture* Volume 138: 167-174.
18. De Mol A.S. (2001): Automated detection of oestrus and mastitis in dairy cows. *Tijdschrift Voor Diergeneeskunde*, 126: 99–103.
19. Doğan, H.(2023.): RFID Applications in Animal Identification and Tracking; *New Frontiers in Engineering* ,66-93.
20. Dolecheck, K. A., Silvia, W. J., Heersche Jr., G., Chang, Y. M., Ray, D. L., Stone, A. E., Wadsworth, B. A., Bewley, J. M. (2015.): Behavioral and physiological changes around estrus events identified using multiple automated monitoring technologies, *J. Dairy Sci.*, 98: 8723–8731.
21. Fountas, S., Ess,R.D., Sørensen, G.C., Hawkins, S. E. (2005.): Farmer Experience with Precision Agriculture in Denmark and the US Eastern Corn Belt, *Precision Agriculture* 6(2).
22. Gomez, A., Cook, N.B. (2010.): Time budgets of lactating dairy cattle in commercial freestall herds, *J. Dairy Sci.*, 93(12): 5772-5781 .
23. Gordon, I. (2005.): *Reproductive Technologies in Farm Animals*. CAB International, Wallingford, UK. 346.
24. Halachmi, I., Guarino, M., Bewley, J., Pastell, M. (2019.): Smart Animal Agriculture: Application of Real-Time Sensors to Improve Animal Well-Being and Production. 7: 403-425.

25. Hajnal, E., Kovács, L., Vakulya.(2022.): Dairy Cattle Rumen Bolus Developments with Special Regard to the Applicable Artificial Intelligence (AI) Methods. *Sensors* 22(18): 6812.
26. Kyle, B.L., Kennedy, A.D., Small,J.A.(1998.): Measurement of vaginal temperature by radiotelemetry for the prediction of estrus in beef cows, *Theriogenology*, 49(8): 1437-1449.
27. Li, Z., Cheng, L., Cullen, Z.B.(2021.): Validation and Use of the RumiWatch Noseband Sensor for Monitoring Grazing Behaviours of Lactating Dairy Cows; *Dairy*, 2 (1): 104-111.
28. Manish, M., Abhishek, S.,Sunil, D., Dileshwer, P.(2012.): Uses of ICT in Agriculture, *International Journal of Advanced Computer Research; Bhopal*, 2(1): 46-49.
29. Mazrier, H., Tal, S., Aizinbud, E., Bargai, U. (2006) : A field investigation of the use of the pedometer for the early detection of lameness in cattle. *The Canadian veterinary journal = La revue veterinaire canadienne*, 47(9): 883–886.
30. Mosher, M.D., Ottobre, J.S., Haibel, G.K., Zartman, D.L.(1990.): Estrual rise in body temperature in the bovine II. The temporal relationship with ovulation, *Animal Reproduction Science* , 23(2): 99-107.
31. Miura, R., Yoshioka, K., Miyamoto, T., Nogami, H., Okada, H., Itoh, T.(2017.): Estrous detection by monitoring ventral tail base surface temperature using a wearable wireless sensor in cattle. *Animal Reproduction Science*, 180: 50-57.
32. Nebel R.L., Jobst M.B.G., Dransfield S.M., Bailey T.L. (1997): Use of the radio frequency data communication system. Heat Watch, to describe behavioural oestrus in dairy cattle. *J. Dairy Sci.*, 80: 179.
33. Neethirajan, S.,Kemp, B.(2021): Digital Livestock Farming. *Sensing and Bio-Sensing Research*, 32, 100408.
34. Norton, T., Berckmans, D. (2017): Developing precision livestock farming tools for precision dairy farming. *Animal Frontiers*, 7(1): 18–23.
35. Palmer, M.A., Olmos, G., Boyle, L.A., Mee, J.F. (2010.): Estrus Detection and Estrus Characteristics in Housed and Pastured Holstein-Friesian Cows. *Theriogenology*, 74:255–264.
36. Peralta, O.A., Pearson, R.E., Nebel, R.L. (2005.): Comparison of three estrus detection systems during summer in a large commercial dairy herd. *Animal Reproduction Science*, 87:59–72.
37. Rayhana, R.,Xiao, G., Liu, Z. (2021.): RFID Sensing Technologies for Smart Agriculture; *IEEE Instrumentation & Measurement Magazine* 24(3):50-60

38. Reith, S., Hoy, S. (2018.): Review: Behavioral Signs of Estrus and the Potential of Fully Automated Systems for Detection of Estrus in Dairy Cattle. *Animal*, 12(2): 398–407.
39. Redden, K. D., Kennedy, A., Ingalls, J., Gilson, T. (1993.): Detection of estrus by radiotelemetric monitoring of vaginal and ear skin temperature and pedometer measurements of activity. *J. Dairy Sci.*, 76:713–721.
40. Roelofs, J.B., van Eerdenburg, F.J.C.M., Soede, N.M., Kemp, B. (2005.): Various Behavioral Signs of Estrous and Their Relationship with Time of Ovulation in Dairy Cattle. *Theriogenology*, 63:1366–1377.
41. Rombach, M., Münger, A., Niederhauser, J., Südekum, K.-H., Schori, F. (2017.): Evaluation and validation of an automatic jaw movement recorder (RumiWatch) for ingestive and rumination behaviors of dairy cows during grazing and supplementation. *J. Dairy Sci.*, 101(3):2463-2475.
42. Röttgen, V., Becker, F., Tuchscherer, A., Wrenzycki, C., Düpjan, S., Schön, P.C., Puppe, B. (2018.): Vocalization as an Indicator of Estrus Climax in Holstein Heifers during Natural Estrus and Superovulation. *J. Dairy Sci.*, 101:2383–2394.
43. Rutten, C. J., Steeneveld, W., Inchaisri, C., Hogeveen, H. (2014.): An ex ante analysis on the use of activity meters for automated estrus detection: To invest or not to invest? *J. Dairy Sci.*, 97:6869–6887.
44. Rutten, C.J., Velthuis, A.G.J., Steeneveld, W., Hogeveen, H. (2013.): Sensors to support health management on dairy farms. *J. Dairy Sci.*, 96 (4): 1928-1952.
45. Sakatani, M., Takahashi, M., Takenouchi, N. (2016.): The efficiency of vaginal temperature measurement for detection of estrus in Japanese Black cows, *J. Reprod. Dev.*, 62(2):201-207.
46. Sellier, N, Guettier, E, Staub, C. (2014.): A review of methods to measure animal body temperature in precision farming. *American Journal of Agricultural Science and Technology*, 2(2): 74-99.
47. Sharifuzzaman, M.D., Mun, H.S., Ampode, K.M.B., Laguna, E.B., Park, H.R., Kim, Y.H., Hasan, M.D.K., Yang, C.-J. (2024.): Technological Tools and Artificial Intelligence in Estrus Detection of Sows—A Comprehensive Review. *J. Dairy Sci.*, 14(3): 471.
48. Silper, B.F., Madureira, A.M.L., Kaur, M., Burnett, T.A., Cerri, R.L.A. (2015.): Short Communication: Comparison of Estrus Characteristics in Holstein Heifers by 2 Activity Monitoring Systems. *J. Dairy Sci.*, 98: 3158–3165.
49. Silper, B. F., Madureira, A. M. L., Polsky, L. B., Soriano, S., Sica, A. F., Vasconcelos, J. L. M., Cerri, R.L.A. (2017.): Daily lying behavior of lactating Holstein cows during an

- estrus synchronization protocol and its associations with fertility. *J. Dairy Sci.*, 100:8484–8495.
50. Singh, S., Ahlawat, S., Sanwal, S. (2017.): Role of ICT in Agriculture: Policy Implications. *10(3):691-697.*
  51. Schweinzer, V., Gusterer, E., Kanz, P., Krieger, S., Süß, D., Lidauer, L., Berger, A., Kickinger, F., Öhlschuster, M., Auer, W. M., Drillich, M., Iwersen (2019.): Evaluation of an Ear-Attached Accelerometer for Detecting Estrus Events in Indoor Housed Dairy Cows. *Theriogenology*, 13:19–25.
  52. Sveberg, G., Refsdal, A.O., Erhard, H.W., Kommisrud, E., Aldrin, M., Tvette, I.F., Buckley, F., Waldmann, A., Ropstad, E. (2011.): Behavior of lactating Holstein-Friesian cows during spontaneous cycles of estrus. *J.Dairy Sci.*, 94: 1289–1301.
  53. Sveberg, G., Refsdal, A.O., Erhard, H.W., Kommisrud, E., Aldrin, M., Tvette, I.F., Buckley, F., Waldmann, A., Ropstad, E. (2013.): Sexually active groups in cattle – a novel estrus sign. *J.Dairy Sci.*, 96: 4375–4386.
  54. Sun Z., Samarasinghe, S., Jago J.(2010.): Detection of mastitis and its stage of progression by automatic milking systems using artificial neural networks.*J. Dairy Res.* 77: 168-175.
  55. Suthar, V.S., Burfeind, O., Patel, J.S., Dhama, A.J., Heuwieser, W.(2011): Body temperature around induced estrus in dairy cows, *J.Dairy Sci.*, 94(5): P2368-2373.
  56. Tomašković, A., Makek, Z., Dobranić, T., Samardžija, M. (2007): Rasplodivanje Krava I Junica. Veterinarski Fakultet, Zagreb.
  57. Tzanidakis, C., Simitzis, P., Arvanitis, K., Panagakis, P.(2021.): An Overview of the Current Trends in Precision Pig Farming Technologies. *Livest. Sci.* 249: 104530.
  58. Voulodimos, S., Patrikakis, C.Z., Sideridis, A.B., Ntafis, V.A., Xylouri, E.M.(2010.): A complete farm management system based on animal identification using rfid technology; *Computers and electronics in agriculture*, 70 (2): 380-388.
  59. Zehner, N., Niederhauser, J. J., Nydegger, F., Grothmann, A., Keller, M., Hoch, M., Haeussermann, A., Schick, M. (2012.): Validation of a new health monitoring system (RumiWatch) for combined automatic measurement of rumination, feed intake, water intake and locomotion in dairy cows. Conference: International Conference of Agricultural Engineering CIGR-Ageng 2012At: Valencia, Spain.
  60. Wang, J., He, Z., Zheng, G., Gao, S., Zhao, K.(2018.): Development and validation of an ensemble classifier for real-time recognition of cow behavior patterns from accelerometer data and location data. *PLoS One*, 13, Article e0203546.

61. Watts, J., M. i J. M., Stookey (2000.): Vocal behaviour in cattle: the animal's commentary on its biological processes and welfare, *Applied Animal Behaviour Science* 67(1–2): 15-33.

## 8. SAŽETAK

Napredak u informacijskim i telekomunikacijskim tehnologijama omogućio je poljoprivrednicima i farmerima da prikupljaju ogromne količine podataka specifičnih za svoja polja i farme, s krajnjim ciljem smanjenja neizvjesnost u donošenju odluka. Prije samog investiranja u tehnologije, treba pomno provesti analizu ulaganja i proizvodnje kako bi se osiguralo da je tehnologija prava za potrebe vaše farme. Precizno stočarstvo (eng. Precision Livestock Farming, PLF) predstavlja primjenu suvremene informacijske i komunikacijske tehnologije (eng. Information and Communication Technologies, ICT) za praćenje i upravljanje životinjama u stvarnom vremenu. Istraživanje je provedeno na farmi Prosine koja je u vlasništvu firme Belje plus d.o.o.. Farma Prosine namijenjena je za uzgoj junica. U istraživanju je korišten Allflex – SenseHub™ sustav za otkrivanje pojačane aktivnosti junica, na osnovu čaga se otkrivao estrus i pravo vrijeme za osjemenjivanje. Rezultati u ovom istraživanju pokazali su opravdanost korištenja ICT tehnologije u otkrivanju estrusa, budući da je farma tijekom korištenja Allflex sustava poboljšala postotak koncepcije i smanjila indeks osjemenjivanja po junici. Utvrđena je značajno ( $p < 0,0001$ ) veći prosječni postotak koncepcije u stadi u iznosu od 56,02% naspram 44,72%, koliko je bilo u godinama prije uporabe Allflex sustava. Razdoblje u kojem se nije koristio Allflex – SenseHub™ sustav indeks osjemenjivanja je bio značajno veći u odnosu na razdoblje kada se ta ICT tehnologija primjenjivala (2,25:1,71;  $p < 0,0001$ ). Na osnovu dobivenih rezultata istraživanja utvrđene su značajne razlike između istraživanih godina istraživanja čime su se prihvatile obje hipoteze rada, kako slijedi: primjenom ICT tehnologije povećao se postotak koncepcije a smanjio indeks osjemenjivanja na farmi. Korištenje ICT tehnologija omogućuje lakši, točniji i brži pristup, protok i obradu prikupljenih informacija. Pravilnim korištenjem i razumijevanjem dobivenih informacijama unapređujemo proizvodnju, poboljšavamo kvalitetu života samih životinja, poboljšavamo kvalitetu proizvoda dobivenih od životinja te smanjujemo troškove proizvodnje.

Ključne riječi: digitalna tehnologija, estrus, umjetno osjemenjivanje, govedarska farma

## 9. SUMMARY

Advances in information and telecommunications technologies have enabled farmers and farmers to collect vast amounts of data specific to their fields and farms, with the ultimate goal of reducing uncertainty in decision-making. Before investing in technologies, a careful investment and production analysis should be carried out to ensure that the technology is right for your farm's needs. Precision Livestock Farming (PLF) is the application of modern information and communication technologies (ICT) for monitoring and managing animals in real time. The research was done on the farm Prosine, which is owned by the company Belje plus d.o.o.. The farm Prosine is intended for breeding heifers. In the research, the Allflex - SenseHub™ system was used to detect the increased activity of heifers, based on the chaga, estrus and the right time for insemination were detected. The results in this research showed the justification of using ICT technology in estrus detection, since the farm improved the percentage of conception and reduced the insemination index per heifer during the use of the Allflex system. A significantly ( $p < 0.0001$ ) higher average percentage of conception in the herd was found in the amount of 56.02% versus 44.72%, which was in the years before the use of the Allflex system. In the period when the Allflex - SenseHub™ system was not used, the insemination index was significantly higher compared to the period when this ICT technology was applied (2.25:1.71;  $p < 0.0001$ ). Based on the obtained research results, significant differences were determined between the investigated research years, which accepted both hypotheses of the work, as follows: the application of ICT technology increased the percentage of conception and decreased the insemination index on the farm. The use of ICT technologies enables easier, more accurate and faster access, flow and processing of collected information. By properly using and understanding the obtained information, we improve production, improve the quality of life of the animals themselves, improve the quality of products obtained from animals, and reduce production costs.

Key words: digital technology, estrus, artificial insemination, cattle farm



## **10. POPIS TABLICA**

Tablica 1. Objašnjenje vremenske crte

Tablica 2. Deskriptivna statistika po mjesecima

Tablica 3. Deskriptivna statistika po godinama

## 11. POPIS SLIKA

Slika 1. Promjene na ovariju tokom estrusa kod krave

Slika 2. Znakovi estrusa krave

Slika 3. Primjer farmske kamere

Slika 4. Sustav opreme kamere

Slika 5. Pedometar za krave

Slika 6. Akcelerometar na ogrlici za krave

Slika 7. Ilustrativni dijagram principa rada infracrvene termografske kamere.

Slika 8. Građa bolus senzora

Slika 9. Način aplikacije i položaj bolusa u buragu

Slika 10. Princip rada RFID sustav

Slika 11. Nosni senzor

Slika 12. Junica u programu pripusta sa ogrlicom

Slika 13. Grafički prikaz pojačane aktivnosti junica koje su u estrusu (SenseHub™)

Slika 14. Izvještaj junica koje su u tjeranju i pripadajuća vrijednost indeks tjeranja (SenseHub™)

Slika 15. Prikaz vremenske crte kada je pogodno vrijeme za osjemenjivanje i koliki je indeks tjeranja (engl. Heat Indeks) (SenseHub™)

## **12. POPIS GRAFIKONA**

Grafikon 1. Ukupan broj osjemenjenih i steonih junica za sve promatrane godine istraživanja

Grafikon 2. Prikaz kretanja postotka koncepcije kroz razdoblje istraživanja

Grafikon 3. Prikaz kretanja indeksa osjemenjivanja kroz razdoblje istraživanja

Grafikon 4. Prikaz prosječnih vrijednosti postotka koncepcije između istraživanih grupa

Grafikon 5. Prikaz prosječnih vrijednosti indeksa osjemenjivanja između istraživanih grupa

# TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku  
Fakultet Agrobiotehničkih znanosti Osijek  
Sveučilišni diplomski studij Zootehnike, modul Specijalna zootehnika

Diplomski rad

## Primjena digitalnih tehnologija na govedarskoj farmi Tomislav Vuksanović

### Sažetak

Napredak u informacijskim i telekomunikacijskim tehnologijama omogućio je poljoprivrednicima i farmerima da prikupljaju ogromne količine podataka specifičnih za svoja polja i farme, s krajnjim ciljem smanjenja neizvjesnost u donošenju odluka. Prije samog investiranja u tehnologije, treba pomno provesti analizu ulaganja i proizvodnje kako bi se osiguralo da je tehnologija prava za potrebe vaše farme. Precizno stočarstvo (eng. Precision Livestock Farming, PLF) predstavlja primjenu suvremene informacijske i komunikacijske tehnologije (eng. Information and Communication Technologies, ICT) za praćenje i upravljanje životinjama u stvarnom vremenu. Istraživanje je provedeno na farmi Prosine koja je u vlasništvu firme Belje plus d.o.o.. Farma Prosine namijenjena je za uzgoj junica. U istraživanju je korišten Allflex – SenseHub™ sustav za otkrivanje pojačane aktivnosti junica, na osnovu čaga se otkrivao estrus i pravo vrijeme za osjemenjivanje. Rezultati u ovom istraživanju pokazali su opravdanost korištenja ICT tehnologije u otkrivanju estrusa, budući da je farma tijekom korištenja Allflex sustava poboljšala postotak koncepcije i smanjila indeks osjemenjivanja po junici. Utvrđena je značajno ( $p < 0,0001$ ) veći prosječni postotak koncepcije u stadi u iznosu od 56,02% naspram 44,72%, koliko je bilo u godinama prije uporabe Allflex sustava. Razdoblje u kojem se nije koristio Allflex – SenseHub™ sustav indeks osjemenjivanja je bio značajno veći u odnosu na razdoblje kada se ta ICT tehnologija primjenjivala (2,25:1,71;  $p < 0,0001$ ). Na osnovu dobivenih rezultata istraživanja utvrđene su značajne razlike između istraživanih godina istraživanja čime su se prihvatile obje hipoteze rada, kako slijedi: primjenom ICT tehnologije povećao se postotak koncepcije a smanjio indeks osjemenjivanja na farmi. Korištenje ICT tehnologija omogućuje lakši, točniji i brži pristup, protok i obradu prikupljenih informacija. Pravilnim korištenjem i razumijevanjem dobivenih informacija unapređujemo proizvodnju, poboljšavamo kvalitetu života samih životinja, poboljšavamo kvalitetu proizvoda dobivenih od životinja te smanjujemo troškove proizvodnje.

**Rad je izrađen pri:** Fakultet Agrobiotehničkih znanosti Osijek

**Mentor:** izv.prof.dr.sc. Tina Bobić

**Broj stranica:** 38

**Broj grafikona i slika:** 20

**Broj tablica:** 3

**Broj literaturnih navoda:** 61

**Jezik izvornika:** Hrvatski

**Ključne riječi:** digitalna tehnologija, estrus, umjetno osjemenjivanje, govedarska farma

**Datum obrane:**

**Stručno povjerenstvo za obranu:**

**1. prof. dr. sc. Pero Mijić, predsjednik**

**2. izv. prof. dr. sc. Tina Bobić, mentor**

**3. doc. dr. sc. Maja Gregić, član**

**Rad je pohranjen u:** Knjižnica Fakulteta Agrobiotehničkih znanosti Osijeku, Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, V. Preloga 1

## **BASIC DOCUMENTATION CARD**

**Josip Juraj Strossmayer University of Osijek  
Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek  
University Graduate Studies, Special zootechnics**

**Graduate thesis**

### **Application of digital technologies on a cattle farm Tomislav Vuksanović**

#### **Abstract**

Advances in information and telecommunications technologies have enabled farmers and farmers to collect vast amounts of data specific to their fields and farms, with the ultimate goal of reducing uncertainty in decision-making. Before investing in technologies, a careful investment and production analysis should be carried out to ensure that the technology is right for your farm's needs. Precision Livestock Farming (PLF) is the application of modern information and communication technologies (ICT) for monitoring and managing animals in real time. The research was done on the farm Prosine, which is owned by the company Belje plus d.o.o.. The farm Prosine is intended for breeding heifers. In the research, the Allflex - SenseHub™ system was used to detect the increased activity of heifers, based on the chaga, estrus and the right time for insemination were detected. The results in this research showed the justification of using ICT technology in estrus detection, since the farm improved the percentage of conception and reduced the insemination index per heifer during the use of the Allflex system. A significantly ( $p < 0.0001$ ) higher average percentage of conception in the herd was found in the amount of 56.02% versus 44.72%, which was in the years before the use of the Allflex system. In the period when the Allflex - SenseHub™ system was not used, the insemination index was significantly higher compared to the period when this ICT technology was applied (2.25:1.71;  $p < 0.0001$ ). Based on the obtained research results, significant differences were determined between the investigated research years, which accepted both hypotheses of the work, as follows: the application of ICT technology increased the percentage of conception and decreased the insemination index on the farm. The use of ICT technologies enables easier, more accurate and faster access, flow and processing of collected information. By properly using and understanding the obtained information, we improve production, improve the quality of life of the animals themselves, improve the quality of products obtained from animals, and reduce production costs.

**Thesis performed at:** Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek

**Mentor:** associate professor, Tina Bobić, PhD.

**Number od pages:** 38

**Number of figures:** 20

**Number of tables:** 3

**Number of references:** 61

**Original in:** Croatian

**Key words:** digital technology, estrus, artificial insemination, cattle farm

**Thesis defended on date:**

**Reviewers:**

- 1. Full Professor Pero Mijić, president**
- 2. Associate professor Tina Bobić, mentor**
- 3. Assistant professor Maja Gregić, member**

**Thesis deposited at:** Library, Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek, Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, V. Preloga 1