

## RAPORT ȘTIINȚIFIC SINTETIC INTERMEDIAR PENTRU ANUL 2023

privind implementarea proiectului TE 14/2022 „*Evaluarea nivelului de bunăstare la taurine și bubaline utilizând indicatori fiziologici, etologici și bioacustici*”cod PN-III-P1-1.1-TE-2021-0027

<b>Finanțare:</b>	<b>Bugetul de stat</b>
<b>Denumirea Programului din PNCDI III:</b>	<b>Programul 1 – Dezvoltarea sistemului național de cercetare-dezvoltare</b>
<b>Denumirea Subprogramului:</b>	<b>Subprogramul 1.1 – Resurse Umane</b>
<b>Tip proiect:</b>	<b>Proiecte de cercetare pentru stimularea tinerelor echipe independente</b>
<b>Titlul proiectului:</b>	<b>Evaluarea nivelului de bunăstare la taurine și bubaline utilizând indicatori fiziologici, etologici și bioacustici</b>
<b>Valoarea totală a contractului</b>	<b>449.704,00 lei</b>
<b>Durata contractului:</b>	<b>24 luni</b>
<b>Autoritatea Contractantă:</b>	<b>Unitatea Executivă pentru Finanțarea Învățământului Superior, a Cercetării, Dezvoltării și Inovării (UEFISCDI)</b>
<b>Contractor:</b>	<b>Institutul de Cercetare – Dezvoltare pentru Creșterea Bovinelor (ICDCB)</b>
<b>Etapa 2:</b>	<b>Cercetări privind utilizarea biomarkerilor de stres și a datelor de accelerometrie în monitorizarea stării de sănătate la taurine; Studiu privind utilizarea parametrilor vocali și de termoviziune în vederea evaluării stresului și nivelului de bunăstare la bubaline</b>
<b>Perioada de implementare a etapei:</b>	<b>01.01.2023-31.12.2023</b>
<b>Acronim:</b>	<b>BovineTalk</b>
<b>Cod proiect:</b>	<b>PN-III-P1-1.1-TE-2021-0027</b>
<b>Număr contract:</b>	<b>TE 14/2022</b>

**SCOPUL PROIECTULUI** TE 14/2022 este de a investiga parametrii vocali la bovine, corelând rezultatele cu date de fiziologie și etologie, pentru a testa fezabilitatea utilizării bioacusticii ca element obiectiv în evaluarea bunăstării animale. Proiectul vizează studiul parametrilor vocali la taurine și bubaline, în vederea elaborării unor noi criterii obiective non-invazive pentru evaluarea bunăstării.

**OBIECTIVELE PROIECTULUI** *BovineTalk* sunt:

- i) utilizarea parametrilor vocali și de termoviziune în vederea evaluării stresului și nivelului de bunăstare la taurine;*
- ii) utilizarea biomarkerilor de stres și a datelor de accelerometrie în monitorizarea stării de sănătate la taurine;*
- iii) utilizarea parametrilor vocali și de termoviziune în vederea evaluării stresului și nivelului de bunăstare la bubaline;*
- iv) utilizarea biomarkerilor de stres și corelarea acestora cu parametrii vocali și cei de termoviziune la bubaline.*

### **ACTIVITĂȚI IMPLEMENTATE ÎN CADRUL ETAPEI 2:**

- Activitatea 2.1 - Analiza biomarkerilor de stres la taurine;*
- Activitatea 2.2 - Utilizarea accelerometrelor în monitorizarea stării de sănătate la taurine;*
- Activitatea 2.3 - Corelarea parametrilor bioacustici cu cei de termografie, fiziologie și etologie, în vederea validării noilor indicatori de bunăstare la taurine;*
- Activitatea 2.4 - Colectarea de emisii sonore și analiza parametrilor vocali la bubaline;*
- Activitatea 2.5 - Utilizarea investigației termografice în evaluarea stării de sănătate a bubalinelor;*
- Activitatea 2.6 - Specializarea resursei umane implicate în proiect prin efectuarea unui stagiu științific;*
- Activitatea 2.7 - Diseminarea rezultatelor parțiale prin elaborarea a două articole științifice și participarea la conferințe cu prezentări*

**REZULTATE OBTINUTE IN ETAPA 2 DE IMPLEMENTARE:** *Cercetări privind utilizarea biomarkerilor de stres și a datelor de accelerometrie în monitorizarea stării de sănătate la taurine. Studiu privind utilizarea parametrilor vocali și de termoviziune în vederea evaluării stresului și nivelului de bunăstare la bubaline*

### **REZULTATE PRECONIZATE ÎN ETAPA 2 (cf planului de realizare al proiectului):**

- Bază de date cu biomarkerii de stres la taurine (grad de realizare 100%);*
- Bază de date cu date de etologie, utilizând indicatori de accelerometrie (grad de realizare 100%);*
- Bază de date cu emisii sonore la bubaline (grad de realizare 100%);*
- Stagiul științific de specializare în analiza parametrilor vocali la speciile de fermă (grad de realizare 100%);*
- Participarea la două conferințe internaționale, cu prezentarea datelor parțiale din proiect (grad de realizare 250%);*
- Două articole științifice publicate în jurnale Web of Sci., Q1 și/sau Q2 (grad de realizare 100%).*

Implementarea activităților proiectului BovineTalk prevăzute în cadrul etapei 2/2023 a avut loc în următoarele unități de cercetare și ferme comerciale:

- în cadrul Laboratorului Experimental Zootehnic și Laboratorului Tehnologii de Exploatare ale Institutului de Cercetare – Dezvoltare pentru Creșterea Bovinelor Balotești (pe următoarele categorii de animale: vaci adulte, vițele și juninci, tineret taurin mascul și femel, viței 0-3 luni);

- în cadrul Fermei Experimentale a Stațiunii de Cercetare – Dezvoltare pentru Creșterea Bubalinelor Șercaia – Brașov (pe următoarele categorii de animale: bivolițe adulte, vițele și juninci de bivol, tineret taurin mascul și femel bubalin, viței de bivol 0-3 luni);

- Washington State University Knott Dairy Center în Pullman, Washington State, SUA (vizând exclusiv categoria de vaci adulte);

- SC Agroindustrială Pantelimon SA, Pantelimon, jud. Ilfov, fermă de vaci de lapte din rasa Holstein (vizând exclusiv viței categoria 0-3 luni);

- SC Transylvanian Natural Products SRL, Rupea – Meșendorf, jud. Brașov, fermă de bivolițe exploatare pentru producția de lapte (vizând exclusiv bivolițe adulte).

În vederea respectării legislației în vigoare și a bunelor practici internaționale privind cercetările care vizează animale, a fost obținut avizul Comisiei de Etică constituită la nivelul ICDCB Balotești pentru monitorizarea proiectului TE14/2022 (cod: PN-III-P1-1.1-TE-2021-0027 din 15.05.2022). Mai mult, toate activitățile proiectului au respectat Directiva 2010/63/UE privind protecția animalelor utilizate în scopuri științifice.

*Înregistrarea emisiilor vocale la taurine și bubaline a fost efectuată utilizând următoarele echipamente:*

- microfon broadcast super-cardioid Sennheiser MKH 416-P 48 U3 (40-20.000 Hz);

- microfon Rode NTG2 phantom power (20-20.000 Hz);

- recorder audio Marantz PMD661MKIII cu 4 canale și criptare fișiere;

- recorder audio DIGITAL SLR DR-70 cu 4 canale și înregistrare audio lineară.

Dupa captarea și înregistrarea sunetelor, fișierele au fost etichetate în funcție de context și animal, fiind ulterior analizate utilizând software-ul pentru analiză bioacustică Praat®. După analiza cu software-ul specific, a fost constituită o bază de emisii sonore, pentru fiecare emisie sonoră au fost calculați un număr de 23 parametri, după cum urmează: call type (cu gura închisă sau de frecvență joasă și cu gura deschisă sau de frecvență înaltă); Mean F0; Max F0; Min F0; Range F0; Q25%; Q50%; Q75%; Fpeak; durata sunetului (s); AM var; AM rate; AM extent; harmonicity; F1 mean; F2 mean; F3 mean; F4 mean; F5 mean; F6 mean; F7 mean; F8 mean; formant dispersal și Wiener entropy.

*Datele de accelerometrie (senzori) la taurine au fost înregistrate cu ajutorul: sistemului CowManager® (CowManager B.V., Harmelen, Țările de Jos), cu senzori auriculari care înregistrează în permanență comportamentul animalelor și temperatura la nivelul urechii animalului 24 de ore pe zi. Tiparele comportamentale de interes au fost activitatea (non-activ, activ și foarte activ), furajarea, timpul de*

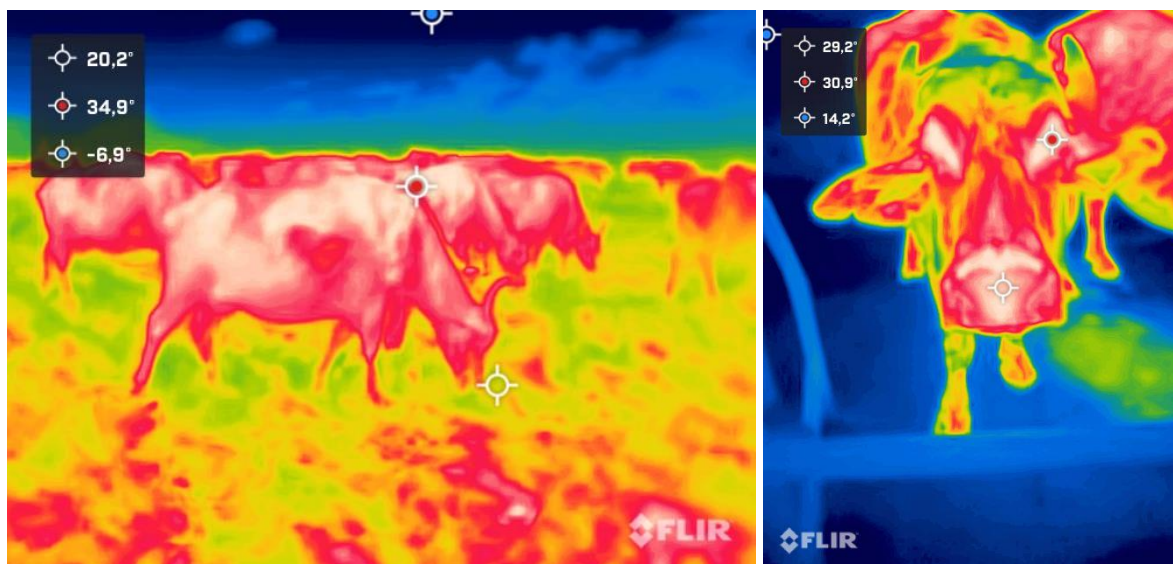
rumegare și temperatura la nivelul urechii. Sensorul CowManager® este un microcip înglobat care a fost adaptat într-o crotalie de identificare (tip RFID), fiind prevăzut cu un accelerometru tridimensional în interiorul sensorului care înregistrează continuu activitățile animalului (validat și descris în Bikker și colab., *J. Dairy Sci.*, 97(5): 2974-2979. <https://doi.org/10.3168/jds.2013-7560>). Datele privind comportamentul au fost colectate cu ajutorul următoarelor echipamente: Set GoPro Hero 10 Black și Set GoPro Hero 10 Black Media Mod (fig. 1).

*Datele de termografie în infraroșu (IRT) au fost obținute cu ajutorul următoarelor echipamente:* Citirile IRT au fost efectuate cu ajutorul a două camere mobile FLIR ONE Pro LT (rezoluție de 19 200 de pixeli, interval de temperatură între -20° și 400°C) și a software-ului de procesare a imaginilor FLIR Systems INC©. Punctele de măsurare a temperaturii au fost în principal carunculul lacrimal al ochiului în regiunea orbitală (*regio orbitalis*) și la nivelul regiunii nazale (*regio nasalis*), care au fost validate anterior ca ferestre termice pentru bubaline, imaginile IRT fiind realizate (x2/animal/regiune) de la o distanță de 0,8-1,5 m și un unghi de aproximativ 90° (fig. 2).

*Biomarkerii de stres au fost evaluați cu ajutorul următoarelor echipamente:* analizatorul biochimic automatizat Spotchem EZ SP-4430 și sistemul ELISA enzimatico-imunologic cu 96 de godeuri (STAT FAX (2200-2600-3200), pentru detectarea hormonilor pe baza probelor biologice de sânge. Hormonii de interes ELISA au fost următorii: cortizol, haptoglobină, interferon gamma, factor alfa de necroză tumorală și receptorii Toll 4, iar indicatorii biochimici au fost: creatinină, proteine totale, glucoză, transaminază glutamicruvică, fosfatază alcalină, colesterol total, bilirubină totală, acid uric, acid ureic, fructozamină, gama glutamil transpeptidază.



**Figura 1.** Aspecte privind colectarea datelor de etologie pe pășune la Stațiunea de Cercetare – Dezvoltare pentru Creșterea Bubalinelor Șercaia, Brașov



**Figura 2.** Colectarea datelor de termografie în infraroșu (IRT) la bivolițele întreținute pe pășune (foto stânga) și în adăpost (foto dreapta)



**Figura 3.** Aspecte privind colectarea vocalizărilor la bubaline, context de ananticipare a furajării la tineretul bubalin femel (foto stânga) și bivolițe adulte la pășunat (foto dreapta)

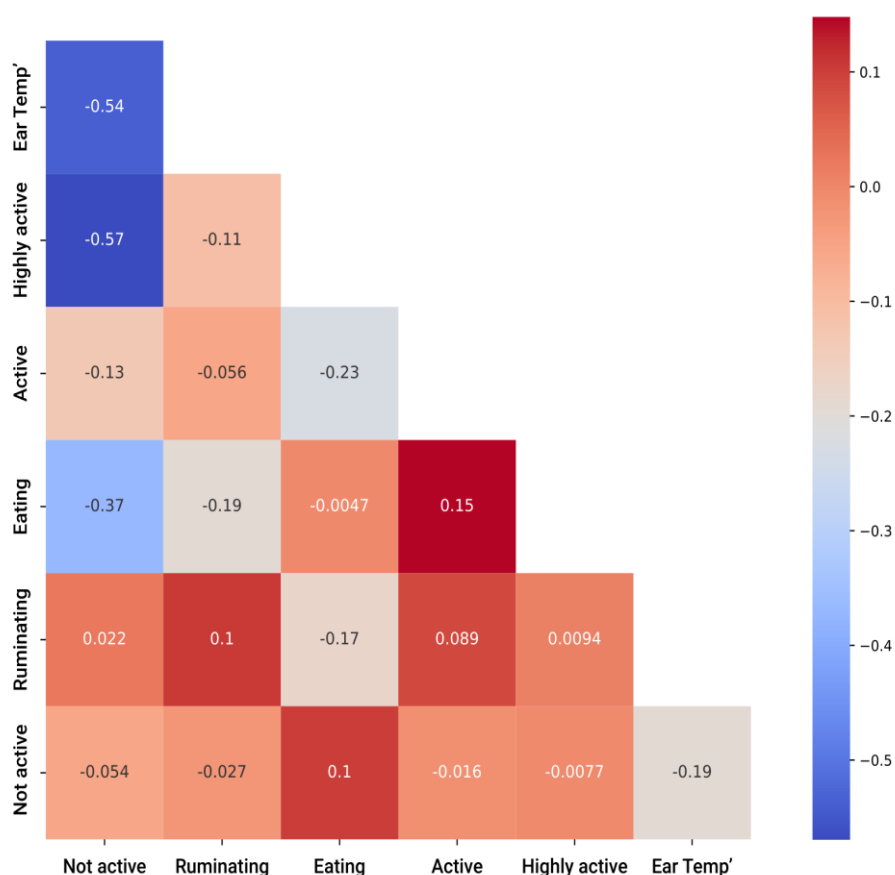
### **Rezultate privind utilizarea datelor de accelerometrie (comportamentale) pentru monitorizarea stării de sănătate a vacilor de lapte:**

Scopul acestui studiu a fost de a utiliza algoritmi de învățare automată pe baza datelor de accelerometrie pentru (1) *detectarea precoce a dermatitei digitale bovine (DD)* și (2) *predicția DD*. Scopul final a fost de a crea instrumente de avertizare timpurie pentru predicția DD, ceea ce ar permite fermierilor și medicilor veterinari să monitorizeze și să gestioneze mai bine DD în condiții comerciale, ceea ce ar duce la o scădere a prevalenței și a severității bolii, îmbunătățind în același timp bunăstarea animalelor.

Colectarea datelor a avut loc pe parcursul a 60 de zile consecutive la Washington State University Knott Dairy Center (KDC) din Pullman, Washington, SUA. Ferma experimentală de (KDC) deține 180 de vaci



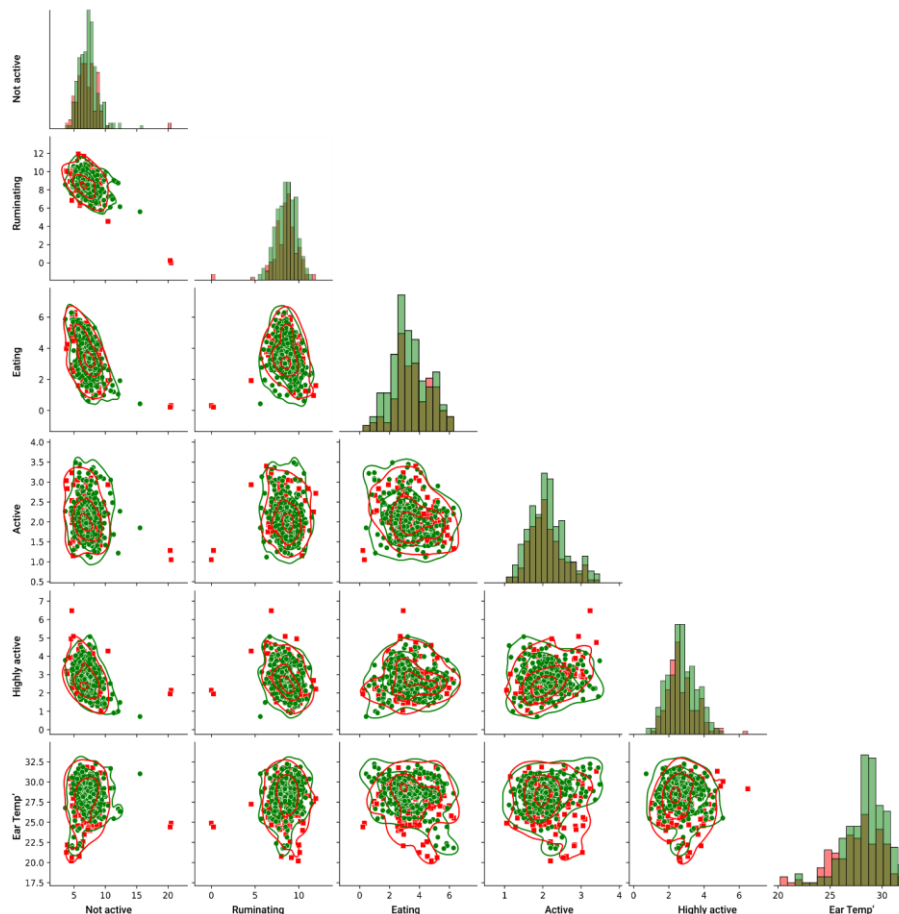
de rasă Holstein, animalele aflate în lactație fiind întreținute într-un grajd cu stabulație liberă, cu cușete individuale de odihnă, folosind gunoi de grajd compostat ca așternut. Vacile sunt mulse de două ori pe zi, folosind o sală de muls 'hering-bone'/side-by-side de tipul 6x6, având acces *ad libitum* la două adăpătoare și sunt hrănite cu amestec de fermă unic (AFU) de două ori pe zi. Ferma KDC nu practică pășunatul pentru vacile în lactație, iar aleile de circulație și padocul exterior au podele din beton continuu. În timpul perioadei de repaus mamar, vacile sunt cazate într-un adăpost cu așternut permanent adânc din paie, cu acces la zone de pășunat în jurul fermei. Fiecare vacă de la ferma experimentală KDC a avut montată o crotalie CowManager® care înregistrează continuu comportamentul animalului și temperatura la nivelul urechii 24 de ore/zi.



**Figura 4.** Matricea de colorare Pearson între caracteristicile de intrare pentru modelul de detectare a dermatitei digitale

Toate datele comportamentale au fost calculate ca proporția de timp pe care fiecare vacă a petrecut-o prezentând fiecare model de comportament și au fost calculate în ore dedicate aceluia tipar comportamental pe 24 de ore. Vacile au fost înscrise în studiu dacă au îndeplinit două criterii: 1) nu au prezentat leziuni timp de cel puțin 7 zile înainte de prima observare a unei leziuni active și 2) au avut cel puțin 2 zile consecutive de observare a unei leziuni DD post-diagnostic. În timpul studiului, 21 de animale au dezvoltat DD, vaci care se aflau între prima și a cincea lactație. Fiecare vacă care a dezvoltat un episod de DD (lotul experimental) a fost apoi comparată cu o vacă sănătoasă care avea aceeași

paritate, stare de reproducere (gestantă/negestantă) și perioadă de lactație (timpurie/medie/tardivă), considerate lotul de control. Perioadele de lactație au fost clasificate ca fiind timpurii (sub < 100 zile de lactație), medii (între 101 - 199 zile de lactație) sau târzii (peste > 199 zile de lactație). Prin urmare, setul final de date a inclus 21 de vaci cu DD și 21 de vaci clinic sănătoase.



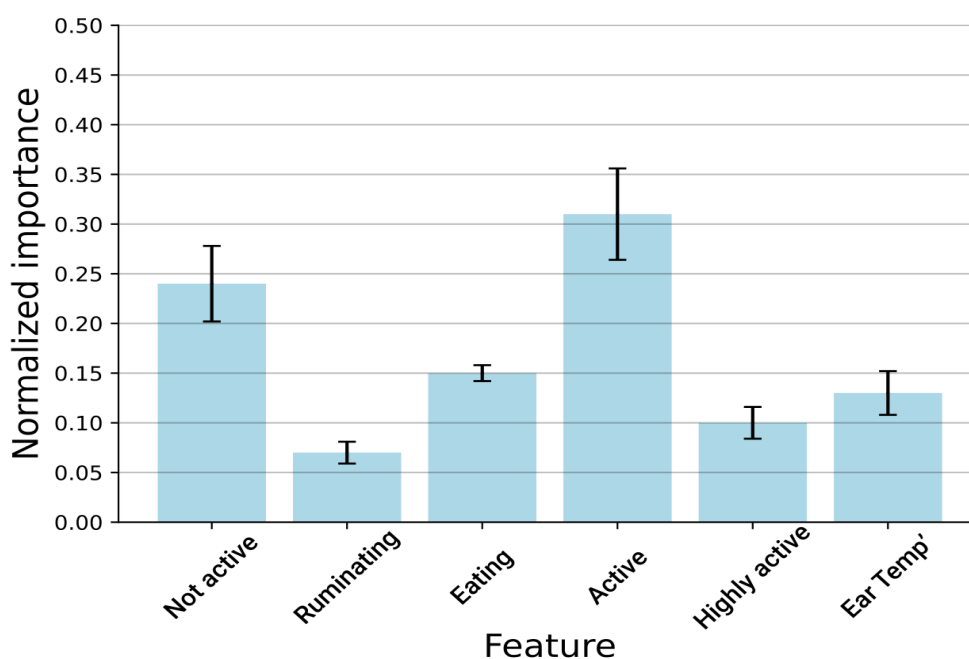
**Figura 5.** Diagramă cu caracteristicile modelului, împărțite de caracteristicile țintă, astfel încât marcajele roșii indică vacile bolnave, în timp ce marcajele verzi indică vacile sănătoase

#### *Modelul de învățare automată pentru detecția dermatitei digitale*

Prima sarcină abordată a fost dezvoltarea unui clasificator de învățare automată pentru a determina dacă o anumită vacă are sau nu DD în ziua 0 (ziua diagnosticului). Urmată de descrierea procesului de instruire a modelului de învățare automată, după împărțirea setului de date în cohorțe 'de instruire' și 'de testare', astfel încât cohorța de instruire să conțină 80% din setul inițial de date, în timp ce restul de 20% aparținut cohorței de testare. Important de reținut că distribuția caracteristicii țintă atât în cohorțele de instruire, cât și în cohorțele de testare, s-a făcut utilizând metoda Monte-Carlo, luând cea mai bună împărțire aleatorie din  $n=100$  de încercări. Cohorța de formare a fost apoi utilizată pentru a forma modelul, iar cohorța de testare a fost utilizată pentru a evalua performanța acestuia. Eșantioanele de date de la aceeași vacă au fost incluse fie în cohorța de formare, fie în cea de testare, pentru a se evita

eventualele scurgeri de date între cele două. În plus, pentru a ne asigura că rezultatele sunt solide, cohorta de formare a fost împărțită în continuare folosind metoda de validare încrucișată k-fold, cu  $k=5$ .

Cu ajutorul cohorței de formare, a fost utilizată biblioteca de învățare automată *Tree-Based Pipeline Optimization Tool* (TPOT). În mod formal, dat fiind un set de date  $D \in \mathbb{R}^{r,c}$  cu  $c \in \mathbb{N}$  caracteristici și  $r \in \mathbb{N}$  eșantioane, a fost utilizat TPOT, care utilizează o abordare bazată pe GA, pentru a genera și testa conductele ML bazate pe bibliotecă *scikit-learn*. Metoda de căutare a clasificatorului TPOT a fost rulată pentru a obține o conductă ML care urmărește să optimizeze acuratețea medie a clasificatorului. Odată obținută conducta ML, s-a urmărit în continuare îmbunătățirea performanței modelului pe cohorta de instruire utilizând metoda de căutare a hiperparametrilor prin grilă, astfel încât intervalele de valori ale hiperparametrilor au fost alese manual. În cele din urmă, modelul obținut a fost evaluat folosind cohorta de testare. Acest proces de dezvoltare a modelului a fost similar în natură cu alte studii recente privind datele de accelerometrie la vacile de lapte; cu toate acestea, a fost utilizată abordarea învățării automate, care a realizat această sarcină mai eficient din punct de vedere al timpului.



**Figura 6.** Importanța caracteristicilor modelului de detectare a dermatitei digitale, care măsoară câștigul relativ de informații din fiecare caracteristică. Rezultatele sunt prezentate ca medie  $\pm$  abatere standard a validării încrucișate de 5 ori efectuate pe întregul set de date

#### *Model de învățare automată pentru predicția dermatitei digitale*

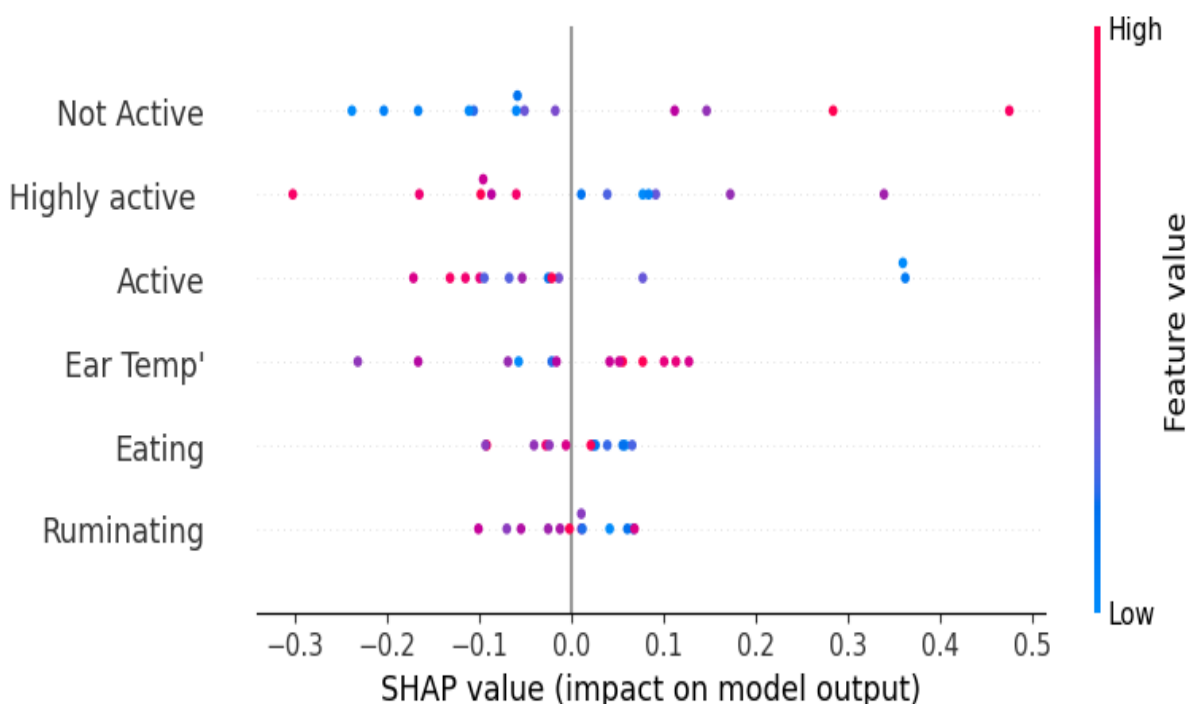
Două concepte importante în contextul previziunii seriilor de timp au fost ‘decalaj’ și ‘fereastră’. Un ‘decalaj’ în predicția seriilor de timp a reprezentat un mod de a face referire la punctele de date anterioare: de exemplu, un decalaj de 1 însemnând punctul de date anterior, un decalaj de 2 însemnând punctul de date cu două perioade în urmă și așa mai departe. O ‘fereastră’ se referă la un subansamblul



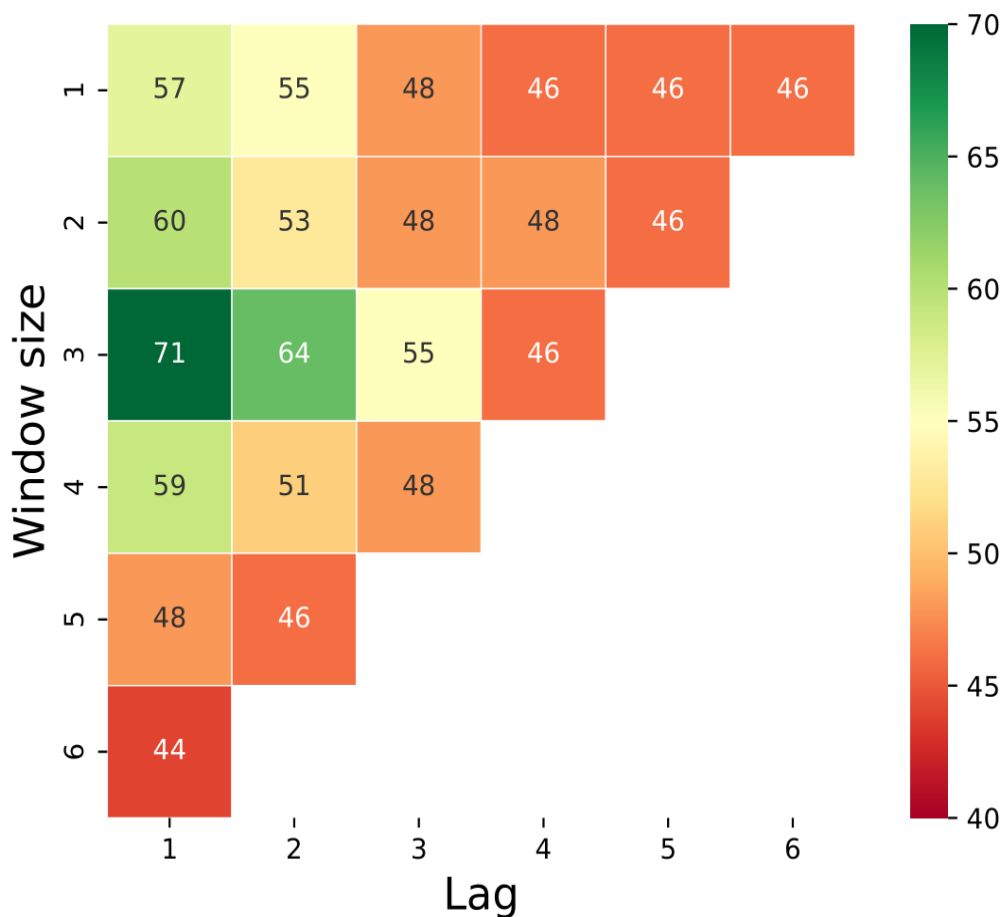
de dimensiuni fixe dintr-un set de date din seriile de timp. Scopul a fost de a lua o porțiune de date de o anumită lungime (dimensiunea ferestrei) și de a muta datele respective în seria de timp.

Existența unei ferestre a permis crearea unor caracteristici agregate, cum ar fi mediile mobile, sumele, abaterile standard etc. Rezultând astfel o sarcină de serii de timp cu un anumit decalaj  $l \in \mathbb{N}$  și o dimensiune a ferestrei  $w \in \mathbb{N}$ . În această reprezentare, predicția apariției bolii a luat forma unei clasificări binare. Cu toate acestea, în mod natural, numărul de eșantioane negative a fost mult mai mare, decât numărul de eșantioane pozitive, deoarece acestea apar o singură dată pentru fiecare animal. Prin urmare, pentru a echilibra datele, au fost subeșantionate eșantioanele etichetate negativ folosind metoda K-means, astfel încât numărul de clustere să fie egal cu numărul de eșantioane pozitive. Pornind de la aceste motive, s-a repetat același proces de calcul ca și cel utilizat pentru a obține clasificatorul de detectare a bolii.

În plus, pentru a investiga influența parametrilor de decalaj și de dimensiune a ferestrei de timp, s-a obținut predictorul de apariție a bolii pentru toate combinațiile posibile ale acestor parametri. Pentru a controla metoda de echilibrare, s-a utilizat fixarea ponderilor claselor, în care numărul de eșantioane este păstrat la fel, dar ponderea fiecărei etichete este diferită pentru a ține cont de diferențele dintre dimensiunile grupurilor de etichete. Ambele modele au fost implementate utilizând limbajul de programare Python (versiunea 3.8.1) și s-a stabilit  $p \leq 0,05$  pentru a fi semnificative din punct de vedere statistic.



**Figura 7.** Importanța caracteristicilor modelului de detectare a dermatitei digitale, măsurând valoarea SHapley Additive exPlanations (SHAP) a fiecărui tipar comportamental



**Figura 8.** O hartă termică a acurateții modelelor pe setul de testare (în procente) în funcție de decalajul și dimensiunea ferestrei de timp. O precizie de 50% a unei predicții binare indică o alegere aleatorie, astfel încât toate rezultatele sub acest nivel arată că modelul nu a reușit să învețe

În concluzie, în acest studiu exploratoriu a fost elaborat și testat un model de învățare automată capabil să prezică și să detecteze dermatita digitală bovină la vacile întreținute în sistem liber, pe baza datelor accelerometrie. Modelul pentru detectarea DD în ziua 0 de la apariția semnelor clinice a atins o acuratețe de 79%, în timp ce modelul de predicție a DD cu 2 zile înainte de apariția primelor semne clinice a atins o acuratețe de 64%.

Modelele de învățare automată propuse ar putea contribui la realizarea unui instrument automatizat în timp real pentru monitorizarea și diagnosticarea DD la vacile de lapte, pe baza datelor de senzori care monitorizează comportamentul. Rezultatele noastre sugerează că modificările modelelor comportamentale la nivel individual pot fi utilizate ca intrări într-un sistem de avertizare timpurie pentru gestionarea efectivelor de taurine, pentru a detecta variațiile în ceea ce privește sănătatea și bunăstarea vacilor de lapte (date publicate în: *Front. Vet. Sci.* 2023, <https://doi.org/10.3389/fvets.2023.1295430>).

**Rezultate privind structura și parametrii vocalizărilor la bivoli:****Tabelul 1.** Mediile și indicii dispersiei pentru parametrii emisiilor sonore la bivolițele adulte (n=10), sunete emise cu gura deschisă (frecvență înaltă) și gura închisă (frecvență joasă), *rezultate preliminare*

Parametru vocalizare	Sunete cu frecvență înaltă			Sunete cu frecvență joasă		
	Media±SEM	Min.	Max.	Media±SEM	Min.	Max.
F0 (Hz)	<b>180,6±12,3<sup>a</sup></b>	117,0	227,4	<b>88,44±4,14<sup>b</sup></b>	71,64	104,07
Max, F0 (Hz)	<b>255,13±5,85<sup>a</sup></b>	218,94	273,83	<b>100,21±4,57<sup>b</sup></b>	75,78	111,57
Min, F0 (Hz)	<b>125,4±13,6<sup>a</sup></b>	67,3	187,7	<b>73,16±2,73<sup>b</sup></b>	64,42	87,08
Gama F0	<b>129,7±16,1<sup>a</sup></b>	58,2	201,5	<b>27,05±3,81<sup>b</sup></b>	7,98	43,60
Q25% (Hz)	503,0±24,9	330,8	602,6	493,0±29,9	304,9	589,8
Q50% (Hz)	738,1±16,7	636,1	795,8	762,4±40,9	503,6	912,8
Q75% (Hz)	1039,7±39,5	870,9	1305,4	1263,9±63,0	783,0	1519,1
Vârful F (Hz)	197,7±13,3	101,1	244,7	162,0±24,2	77,8	284,6
Durată (s)	<b>1,762±0,248<sup>a</sup></b>	0,857	3,249	<b>0,7317±0,035<sup>b</sup></b>	0,581	0,903
Variabilitate AM	48,27±2,90	35,43	59,75	61,95±2,61	47,88	72,34
Rata AM (s <sup>-1</sup> )	9,485±0,795	4,658	13,103	5,997±0,878	1,993	10,515
Grad AM (dB/s)	5,699±0,985	2,969	12,729	5,699±0,985	2,969	12,729
Armonicitate (dB)	<b>2,259±0,675<sup>a</sup></b>	-0,260	4,920	<b>-0,275±0,435<sup>b</sup></b>	-1,410	3,390
Media F1 (Hz)	409,9±12,8	368,0	487,2	414,24±4,71	388,60	435,97
Media F2 (Hz)	701,68±7,12	669,94	736,35	743,6±11,1	683,9	787,1
Media F3 (Hz)	1004,7±10,4	940,2	1037,8	1149,2±15,7	1040,2	1218,8
Media F4 (Hz)	1291,9±28,6	1146,8	1437,5	1514,7±17,8	1430,1	1641,3
Media F5 (Hz)	1719,6±20,0	1593,0	1792,1	1910,0±20,8	1797,8	2016,9
Media F6 (Hz)	2134,0±13,4	2103,5	2206,3	2342,9±20,8	2212,1	2419,3
Media F7 (Hz)	<b>2543,0±16,9<sup>a</sup></b>	2442,9	2624,6	<b>2881,4±15,2<sup>b</sup></b>	2777,3	2929,0
Media F8 (Hz)	<b>2909,8±17,2<sup>a</sup></b>	2831,8	2995,3	<b>3351,3±9,77<sup>b</sup></b>	3295,4	3389,1
Dispersare (Hz)	357,13±2,04	346,49	364,79	419,58±1,40	411,33	427,18
Entropie Wiener	-0,761±0,070	-1,261	-0,517	-0,647±0,0396	-0,870	-0,448

\* Notă: La mediile cu superscript diferit și în **bold** valoarea p este ≤0,05

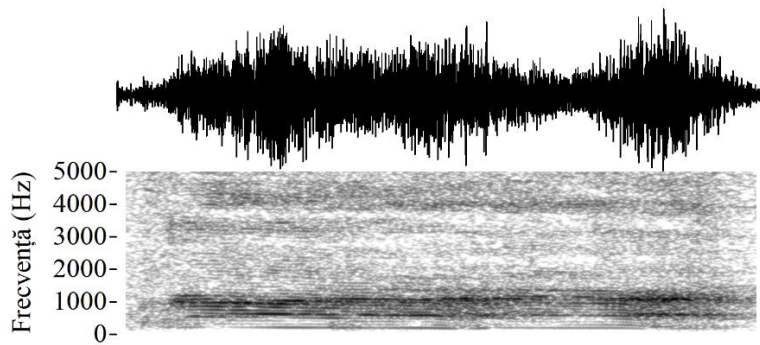
**Tabelul 2.** Mediile și indicii dispersiei pentru parametrii emisiilor sonore la tineret femel bubalin prepuber de 6-8 luni (n=10), sunete emise cu gura deschisă (frecvență înaltă) și gura închisă (frecvență joasă), rezultate preliminare

Parametru vocalizare	Sunete cu frecvență înaltă			Sunete cu frecvență joasă		
	Media±SEM	Min.	Max.	Media±SEM	Min.	Max.
F0 (Hz)	<b>129,5±25,1<sup>a</sup></b>	85,2	172,0	<b>84,31±5,70<sup>b</sup></b>	67,44	91,70
Max, F0 (Hz)	<b>235,2±41,9<sup>a</sup></b>	152,6	289,0	<b>95,62±8,44<sup>b</sup></b>	70,73	106,23
Min, F0 (Hz)	69,82±2,98	65,64	75,58	62,609±0,868	60,985	64,544
Gama F0	<b>165,3±41,7<sup>a</sup></b>	84,4	223,4	<b>33,01±8,95<sup>b</sup></b>	7,13	45,05
Q25% (Hz)	<b>339,8±77,0<sup>a</sup></b>	244,7	492,2	<b>264,7±90,2<sup>b</sup></b>	138,9	527,7
Q50% (Hz)	729±134	556	993	724±155	404	1146
Q75% (Hz)	<b>1298±288<sup>a</sup></b>	986	1873	<b>1748±103<sup>b</sup></b>	1497	2001
Vârful F (Hz)	73,29±3,01	68,27	78,68	64,39±4,16	57,95	76,54
Durață (s)	<b>1,982±0,360<sup>a</sup></b>	1,509	2,689	<b>0,998±0,099<sup>b</sup></b>	0,787	1,228
Variabilitate AM	36,03±3,25	32,29	42,51	42,11±6,56	32,31	60,97
Rata AM (s <sup>-1</sup> )	9,526±0,927	8,290	11,341	9,73±1,38	6,99	12,35
Grad AM (dB/s)	<b>3,899±0,664<sup>a</sup></b>	2,847	5,128	<b>4,88±1,42<sup>b</sup></b>	2,73	8,73
Armonicitate (dB)	<b>6,20±2,27<sup>a</sup></b>	1,69	8,89	<b>3,170±0,670<sup>b</sup></b>	2,340	5,170
Media F1 (Hz)	322,77±6,07	311,60	332,47	341,1±11,1	323,4	370,4
Media F2 (Hz)	<b>762,76±8,65<sup>a</sup></b>	748,09	778,05	<b>860,3±17,3<sup>b</sup></b>	823,5	897,5
Media F3 (Hz)	1058,8±20,1	1030,7	1097,8	1194,6±3,82	1189,2	1205,6
Media F4 (Hz)	<b>1396,3±41,9<sup>a</sup></b>	1336,1	1476,9	<b>1628,2±22,9<sup>b</sup></b>	1572,7	1667,7
Media F5 (Hz)	<b>1758,3±24,4<sup>a</sup></b>	1717,1	1801,4	<b>2039,8±22,0<sup>b</sup></b>	1986,9	2085,0
Media F6 (Hz)	<b>2104,8±16,7<sup>a</sup></b>	2077,3	2135,1	<b>2522,1±28,3<sup>b</sup></b>	2438,1	2557,3
Media F7 (Hz)	<b>2553,5±16,7<sup>a</sup></b>	2530,7	2585,9	<b>2977,1±41,1<sup>b</sup></b>	2857,3	3037,8
Media F8 (Hz)	<b>2900,0±4,19<sup>a</sup></b>	2891,8	2905,8	<b>3390,7±33,6<sup>b</sup></b>	3304,8	3458,8
Dispersare (Hz)	<b>368,17±0,530<sup>a</sup></b>	367,12	368,79	<b>435,65±6,03<sup>b</sup></b>	419,20	447,79
Entropie Wiener	<b>-0,55±0,178<sup>a</sup></b>	-0,843	-0,229	<b>-0,87±0,037<sup>b</sup></b>	-0,972	-0,789

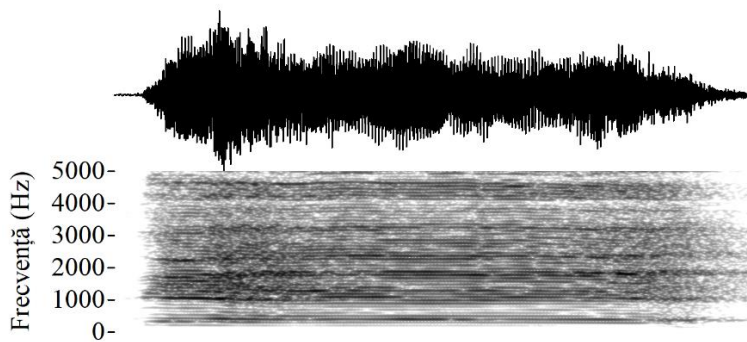
**Tabelul 3.** Mediile și indicii dispersiei pentru parametrii emisiilor sonore la vițeii de bivoli 0-3 luni luni (n=10), sunete emise cu gura deschisă (frecvență înaltă) și gura închisă (frecvență joasă), *rezultate preliminare*

Parametru vocalizare	Sunete cu frecvență înaltă			Sunete cu frecvență joasă		
	Media±SEM	Min.	Max.	Media±SEM	Min.	Max.
F0 (Hz)	<b>124,72±9,66<sup>a</sup></b>	90,39	212,31	<b>95,14±1,84<sup>b</sup></b>	93,30	96,97
Max, F0 (Hz)	<b>176,9±14,2<sup>a</sup></b>	101,3	265,1	<b>103,54±0,172<sup>b</sup></b>	103,37	103,71
Min, F0 (Hz)	98,38±6,48	66,36	167,97	83,08±9,61	73,48	92,69
Gama F0	<b>78,6±12,3<sup>a</sup></b>	12,1	165,6	<b>20,46±9,78<sup>b</sup></b>	10,68	30,24
Q25% (Hz)	591,2±64,0	360,9	1274,2	611,2±56,2	555,0	667,4
Q50% (Hz)	987,9±87,8	534,6	1919,4	1092,5±24,5	1068,0	1117,0
Q75% (Hz)	1591±142	1121	3085	1655,0±7,09	1647,9	1662,1
Vârful F (Hz)	<b>124,8±19,7<sup>a</sup></b>	10,4	221,4	<b>99,73±3,72<sup>b</sup></b>	96,01	103,46
Durată (s)	<b>1,1586±0,0910<sup>a</sup></b>	0,8030	1,9520	<b>0,8505±0,0275<sup>b</sup></b>	0,8230	0,8780
Variabilitate AM	55,62±3,10	41,93	74,75	53,26±4,64	48,62	57,90
Rata AM (s <sup>-1</sup> )	7,610±0,330	4,546	9,341	6,51±1,39	5,12	7,90
Grad AM (dB/s)	7,649±0,763	5,433	15,477	8,73±2,57	6,15	11,30
Armonicitate (dB)	<b>7,92±1,15<sup>a</sup></b>	0,76	15,12	<b>4,52±1,39<sup>b</sup></b>	3,13	5,91
Media F1 (Hz)	400,2±16,0	345,7	541,4	377,3±26,1	351,2	403,4
Media F2 (Hz)	752,2±22,9	578,1	879,9	864,9±22,9	842,0	887,8
Media F3 (Hz)	1082,9±14,8	1001,5	1208,1	1206,7±27,5	1179,2	1234,1
Media F4 (Hz)	1406,3±16,6	1296,2	1574,8	1573,8±21,6	1552,2	1595,4
Media F5 (Hz)	1778,1±12,9	1727,4	1875,8	1928,5±16,2	1912,3	1944,7
Media F6 (Hz)	<b>2155,1±17,7<sup>a</sup></b>	2082,7	2314,6	<b>2426,4±26,9<sup>b</sup></b>	2399,5	2453,3
Media F7 (Hz)	<b>2546,7±11,8<sup>a</sup></b>	2478,3	2622,8	<b>2860,5±34,1<sup>b</sup></b>	2826,4	2894,6
Media F8 (Hz)	<b>2922,3±12,6<sup>a</sup></b>	2810,9	2997,5	<b>3240,7±25,2<sup>b</sup></b>	3215,5	3265,9
Dispersare (Hz)	360,29±2,99	341,54	376,68	409,06±0,131	408,93	409,19
Entropie Wiener	-1,273±0,071	-1,7580	-0,8400	-1,035±0,171	-1,205	-0,864

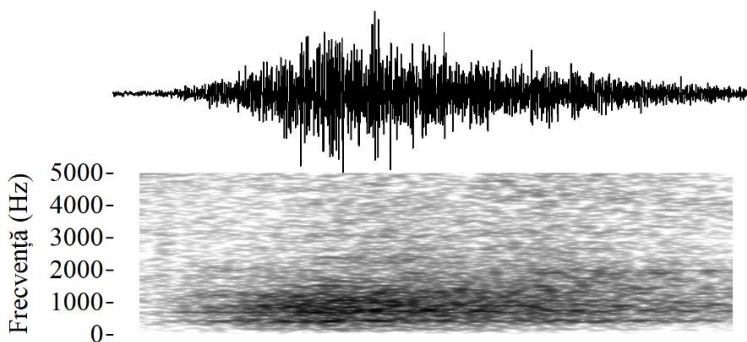
\*\* *Notă:* Rezultatele validării tehnicilor de termografie în infraroșu la bubaline au fost publicate în articolul Mincu M, Gavojdian D, Nicolae I, Olteanu AC, Bota A, Vlagioiu C., Water Buffalo Responsiveness during Milking: Implications for Production Outputs, Reproduction Fitness, and Animal Welfare, *Animals*, 2022; 12(22):3115 <https://doi.org/10.3390/ani12223115> și prezentate în detaliu în raportul sintetic intermediar al etapei 1/2022.



**Figura 9.** Oscilogramă și spectrogramă emisie sonoră de bivoliță adultă, vocalizare cu gura deschisă (sunet de frecvență înaltă)



**Figura 10.** Oscilogramă și spectrogramă emisie sonoră de vițel de bivol, vocalizare cu gura deschisă (sunet de frecvență înaltă)



**Figura 11.** Oscilogramă și spectrogramă emisie sonoră de bivoliță adultă, vocalizare cu gura închisă (sunet de frecvență joasă)



**DISEMINAREA REZULTATELOR:**

Articole științifice publicate:

**Mincu M., Nicolae I., Gavojdian D.,** 2023, Infrared thermography as a non-invasive method for evaluating stress in lactating dairy cows during isolation challenges, *Frontiers in Veterinary Science Journal*, 6;10:1236668, DOI:10.3389/fvets.2023.1236668 (eISSN 2297-1769, factor de impact jurnal 3,20, Q1 în categoria 'Veterinary Sciences' WoS;

Magana J., **Gavojdian D.,** Menachem Y., Lazebnik T., Zamansky A., Adams Progar A., 2023, Machine Learning Approaches to Predict and Detect Early-Onset of Digital Dermatitis in Dairy Cows using Sensor Data, *Frontiers in Veterinary Science Journal*, 10:1295430, DOI: 10.3389/fvets.2023.1295430, (eISSN 2297-1769, factor de impact jurnal 3,20, Q1 în categoria 'Veterinary Sciences' WoS.

Participarea la conferințe:

**Gavojdian D., Mincu M.,** Ber V., Nicolae I., Could low frequency calls be indicative of stress and negative arousal states in cattle? publicat în *Book of Abstracts Animal Resources Bioengineering - Multidisciplinary Conference on Sustainable Development*, 25 – 26 mai 2023, Timișoara - România, ISSN 2821-4293, pg. 36 (prezentare tip poster)

**Gavojdian D., Mincu M., Nicolae I., Constantin T.,** Effects of isolation on high frequency calls parameters in dairy cows – partial results, publicat în *Book of Abstracts International Conference 'Agriculture for Life, Life for Agriculture'* - Section 4 Veterinary Medicine, 8-10 iunie 2023, București – România, ISSN 2457-323X, pg. 80 (prezentare tip poster)

**Mincu M., Gavojdian D., Nicolae I., Grigore D.M., Enculescu M., Vlagioiu C.,** Chute score influence on production and reproduction outputs in dairy cattle, publicat în *Book of Abstracts International Conference 'Agriculture for Life, Life for Agriculture'* - Section 4 Veterinary Medicine, 8-10 iunie 2023, București – România, ISSN 2457-323X, pg. 98 (prezentare tip poster)

**Mincu M., Nicolae I., Gavojdian D.,** Is milking reactivity of water buffalo cows influenced by the production system? publicat în *Book of Abstracts 56<sup>th</sup> Congress of the International Society for Applied Ethology - ISAE 2023*, 1-5 august 2023, Tallinn - Estonia, pg. 175 (prezentare orală și poster)

**Gavojdian D., Mincu M., Nicolae I.,** Evaluation of infrared thermography as a non-invasive method for measuring stress in dairy cows during isolation, publicat în *Book of Abstracts 56<sup>th</sup> Congress of the International Society for Applied Ethology - ISAE 2023*, 1-5 august 2023, Tallinn - Estonia, pg. 190 (prezentare orală și poster)

ICDCB Balotești

Director proiect BovineTalk,  
Dr.Ing. **Dinu GAVOJDIAN**