

dr inż. Sabina Angrecka

Katedra Budownictwa Wiejskiego
Wydział Inżynierii Środowiska i Geodezji
Uniwersytet Rolniczy im. Hugona Kołłątaja w Krakowie

A U T O R E F E R A T

przedstawiający dorobek i osiągnięcia naukowe

z elementami życiorysu

i opisem jednotematycznego cyklu publikacji

Załącznik 2

Kraków, listopad 2018 r.

Spis treści

1. Dane personalne	2
2. Wykształcenie	2
3. Inne formy edukacji.....	2
4. Przebieg pracy zawodowej	3
5. Przebieg pracy naukowej.....	3
6. Osiągnięcia w działalności naukowo-badawczej	4
7. Wskazanie osiągnięcia wynikającego z art. 16 ust. 2 ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. nr 65, poz. 595 z późn. zm.).....	7
7.1. Tytuł osiągnięcia naukowego	7
7.2. Wykaz prac dokumentujących osiągnięcie naukowe	7
7.3. Wprowadzenie do tematyki badawczej	9
7.4. Cele badawcze	11
7.5. Metodyka badań	11
7.6. Omówienie wyników	12
7.7. Podsumowanie	17
8. Omówienie pozostałych osiągnięć naukowo - badawczych.....	19
8.1. Kierunki pracy badawczej przed doktoratem	19
8.2. Główne kierunki pracy badawczej po doktoracie	23
Literatura	28

1. Dane personalne

Imię i nazwisko habilitanta:	Sabina Magdalena ANGRECKA
Data i miejsce urodzenia:	11 wrzesień 1987 r., Kraków
Miejsce pracy:	Uniwersytet Rolniczy im. Hugona Kołłątaja w Krakowie, Wydział Inżynierii Środowiska i Geodezji, Katedra Budownictwa Wiejskiego, al. Mickiewicza 24/28, 30-059 Kraków

2. Wykształcenie

2003 - 2006	VIII Liceum Ogólnokształcące im. Stanisława Wyspiańskiego w Krakowie
X 2006 - II 2010	inżynier inżynierii środowiska, studia stacjonarne I stopnia na Wydziale Inżynierii Środowiska i Geodezji Uniwersytetu Rolniczego im. Hugona Kołłątaja w Krakowie, kierunek: Inżynieria Środowiska
II 2010 - VII 2011	magister inżynier inżynierii środowiska, studia stacjonarne II stopnia na Wydziale Inżynierii Środowiska i Geodezji Uniwersytetu Rolniczego im. Hugona Kołłątaja w Krakowie, kierunek: Inżynieria Środowiska
X 2011 - V 2015	stopień doktora nauk rolniczych w dyscyplinie ochrona i kształtowanie środowiska, Studium Doktoranckie - Wydział Inżynierii Środowiska i Geodezji Uniwersytetu Rolniczego im. Hugona Kołłątaja w Krakowie

3. Inne formy edukacji

03.2012 - 06.2012	Kurs języka angielskiego na poziomie B1, Szkoła Językowa Gama-Bell Kraków
19-23.03.2016	Szkolenie w Komisji Europejskiej nt. możliwości aplikowania projektów badawczych w programie Horyzont 2020, Bruksela
06.06.2016	Szkolenie z przygotowania grantów European Research Council wraz z panelem próbnym, organizator: Centrum Transferu Technologii Politechniki Krakowskiej
24.08-25.09.2016	Zagraniczny staż naukowo-dydaktyczny na Słowackim Uniwersytecie Rolniczym w Nitrze, Faculty of Engineering, Department of Building Equipment and Technology Safety
24.10.2016	POL-on a ocena parametryczna jednostek naukowych w świetle znowelizowanych przepisów prawnych MNiSW. Wielowymiarowa analiza porównawcza zakresu raportowanych danych i informacji o działalności B+R,, organizator: Centrum Kształcenia IDEA

30.01.2017	Ankieta jednostki naukowej w Systemie Informacji o Nauce POL-on i Polskiej Bibliografii Naukowej. Obsługa informatyczna i migracja danych z uwzględnieniem wymogów formalnych, w kontekście oceny parametrycznej jednostek naukowych 2017 r., organizator: Centrum Kształcenia IDEA
------------	---

4. Przebieg pracy zawodowej

10.2011 - 12.2014	<i>stanowisko: starszy technik</i> Katedra Budownictwa Wiejskiego, Wydział Inżynierii Środowiska i Geodezji, Uniwersytet Rolniczy im. Hugona Kołłątaja w Krakowie
12.2014 - 02.2017	<i>stanowisko: asystent naukowo-dydaktyczny</i> Katedra Budownictwa Wiejskiego, Wydział Inżynierii Środowiska i Geodezji, Uniwersytet Rolniczy im. Hugona Kołłątaja w Krakowie
03.2017 - obecnie	<i>stanowisko: adiunkt naukowo-dydaktyczny</i> Katedra Budownictwa Wiejskiego, Wydział Inżynierii Środowiska i Geodezji, Uniwersytet Rolniczy im. Hugona Kołłątaja w Krakowie

5. Przebieg pracy naukowej

19.07.2011	Obrona pracy magisterskiej na Wydziale Inżynierii Środowiska i Geodezji Uniwersytetu Rolniczego im. Hugona Kołłątaja w Krakowie, pt.: „Skuteczność działania wentylacji mechanicznej hali udojowej obory, w okresie letnim” Promotor: dr inż. arch. Piotr Herbut
27.05.2015	Publiczna obrona rozprawy doktorskiej na Wydziale Inżynierii Środowiska i Geodezji Uniwersytetu Rolniczego im. Hugona Kołłątaja w Krakowie, pt.: "Wpływ warunków klimatycznych na kształtowanie się mikroklimatu obory kurtynowej w okresie letnim". Promotor: dr hab. inż. arch. Piotr Herbut
	Praca doktorska została wyróżniona przez Radę Wydziału.

6. Osiągnięcia w działalności naukowo-badawczej

Mój dotychczasowy dorobek naukowy obejmuje 84 pozycji, w tym 61 opublikowane oryginalne naukowe prace twórcze. Prace te zostały opublikowane w 13 czasopismach znajdujących się na liście A i B MNiSW, z czego 28 artykułów ukazało się w języku angielskim (tab. 1). Ponadto, 17 oryginalnych prac twórczych zostało opublikowanych jako rozdziały monograficzne, w tym 4 w języku angielskim. Sumaryczna liczba punktów mojego dorobku naukowego według wykazu MNiSW wynosi **584** (tab. 2).

Tabela 1. Syntetyczne zestawienie dorobku naukowego

Wyszczególnienie	Przed doktoratem	Po doktoracie	Ogółem
Prace publikowane			
oryginalne prace twórcze na podstawie badań własnych	21	40	61
artykuły popularno-naukowe	0	0	0
Razem:	21	40	61
<i>W tym prace:</i>			
w języku angielskim	10	18	28
indywidualne	1	0	1
rozdziały w monografiach	3	14	17
w recenzowanych materiałach konferencyjnych	0	0	0
w streszczeniach materiałów konferencyjnych	5	4	9
Prace niepublikowane			
Recenzje artykułów	0	11	11
Sprawozdania końcowe z badań i grantów	7	5	12
Razem:	7	16	23
Ogółem:	28	56	84

W okresie przed uzyskaniem stopnia doktora na mój dorobek składało się 18 opublikowanych prac naukowych oraz 3 rozdziały w monografiach. W tym okresie za oryginalne prace twórcze łączna suma wyniosła 210 punktów. Po uzyskaniu stopnia naukowego doktora mój dorobek naukowo-badawczy powiększył się o 40 opublikowanych prac, z czego 22 to oryginalne prace twórcze zamieszczone w czasopismach naukowych oraz 14 rozdziałów w monografiach. W tym okresie, według wykazu MNiSW, suma moich punktów wzrosła o **374**. Aktualna sumaryczna liczba punktów wynosi **584**. Spośród oryginalnych prac naukowych 21 zostało opublikowanych w czasopismach indeksowanych w bazie Web of Science (WoS), a 18 z nich znajduje się na liście Journal Citation Reports (JCR) i posiada współczynnik wpływu Impact Factor (IF).

Tabela 2. Zestawienie dorobku naukowego według oceny punktowej wykazu czasopism naukowych Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego

Wydawnictwo	Język publikacji*	Liczba prac	IF	Punkty wg MNiSW	
				Ind. za czasopismo	Suma
Czasopisma naukowe znajdujące się w bazie Journal Citation Reports (JCR) i indeksowane w bazie Web of Science					
Annals of Animal Science	A	9	0,420 0,419 0,613 0,599 0,731 1,018	15/20	145
Animal Science Papers and Reports	A	2	0,918 0,623	20/25	45
Polish Journal of Environmental Studies	A	1	0,871	15	15
Italian Journal of Animal Science	A	1	0,990	25	25
Czech Journal of Animal Science	A	1	0,809	30	30
Transactions of the ASABE	A	2	0,913 1,118	20/30	50
International Journal of Biometeorology	A	1	2,577	30	30
Journal of Thermal Biology	A	1	2,093	30	30
Czasopisma naukowe nie ujęte w bazie Journal Citation Reports (JCR), ale indeksowane w bazie Web of Science					
Journal of Ecological Engineering*	A	3	-	12	36
Czasopisma naukowe nieposiadające współczynnika wpływu Impact Factor (IF) i nieindeksowane w bazie Web of Science					
Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich Infrastructure and Ecology of Rural Areas	P A	5 3	-	5/10	75
Wiadomości Zootechniczne	P	2	-	3/7	10
Roczniki Naukowe Zootechniki	P	2	-	4/7	11
EPISTEME: Czasopismo Naukowo-Kulturalne	P	2	-	5	10
Razem		35	17,149		512
Rozdziały w monografiach	P A	13 4	-	4 5	52 20
Razem		17	-		72
Ogółem		52	17,149		584

*Język publikacji: A - angielski; P - polski

Wyniki swoich badań prezentowałam w formie 17 referatów i 13 posterów na 30 konferencjach (w tym 16 międzynarodowych), z tego 12 referatów i 6 posterów prezentowałam po uzyskaniu stopnia doktora.

Opublikowane artykuły zostały zindeksowane w naukowych bazach danych, co zostało przedstawione w tabeli 3.

Tabela 3. Wskaźniki bibliometryczne opublikowanych artykułów w wybranych naukowych bazach danych (stan na dzień 26.11.2018 r.)

<i>Parametr</i>	<i>Bazy danych</i>			
	<i>Web of Science Core Collection</i>	<i>Web of Science All Database</i>	<i>Scopus</i>	<i>Google Scholar</i>
indeks Hirscha	6	6	6	9
liczba cytowań ogólnie	74	78	76	172
średnia cytawalność artykułu	4,11	4,11	4,47	-

Artykuły mojego współautorstwa cytowane były m. in. w takich czasopismach z listy JCR, jak: Agricultural Systems (IF=3,004), PLOS One (IF=2,766), Journal of Dairy Science (IF=2,749), General and Comparative Endocrinology (IF=2,564), Computers and Electronics in Agriculture (IF=2,427), Journal of Thermal Biology (IF=2,093), Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition (IF=1,607), International Journal of Electrochemical Science (IF=1,369), Transactions of the ASABE (IF=1,118), Annals of Animal Science (IF=1,018), Animal Science Papers and Reports (IF=0,725).

7. Wskazanie osiągnięcia wynikającego z art. 16 ust. 2 ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. nr 65, poz. 595 z późn. zm.)

7.1. Tytuł osiągnięcia naukowego

Jednotematyczny cykl publikacji naukowych, pt.:

„Wpływ wybranych czynników mikroklimatu obory na ocenę stresu środowiskowego krów”

7.2. Wykaz prac dokumentujących osiągnięcie naukowe

L.p.	Publikacja	Punkty zgodnie z listą MNiSW	IF czasopisma zgodny z rokiem wydania	Cytowania według bazy Web of Science
A.1.1	Angrecka S. , Herbut P. 2016. Impact of Barn Orientation on Insolation and Temperature of Stalls Surface. <i>Annals of Animal Science</i> . 16(3), 887–896. <i>Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na wykonaniu pomiarów, opracowaniu wyników badań, wykonaniu rysunków, współautorstwie wniosków i redakcji tekstu. Mój udział procentowy szacuję na 55%.</i>	15	0,713	6
A.1.2.	Herbut P., Herbut E., Angrecka S. 2016. Wpływ promieniowania słonecznego na temperaturę ściółki w przyściennych boksach legowiskowych. <i>Roczniki Naukowe Zootechniki</i> , 43(1), 87–98. <i>Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na wykonaniu pomiarów, interpretacji wyników badań oraz napisaniu wstępnej wersji manuskryptu. Mój udział procentowy szacuję na 50%.</i>	7	0	-
A.1.3.	Angrecka S. , Herbut P., Nawalany G., Sokołowski P. 2017. The impact of localization and barn type on insolation of sidewall stalls during summer. <i>Journal of Ecological Engineering</i> . 18(4), 60-66, DOI:10.12911/22998993/74398. <i>Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na zaplanowaniu pomiarów, interpretacji wyników badań i napisaniu wstępnej wersji rozdziałów. Mój udział procentowy szacuję na 55%.</i>	12	0	0
A.1.4.	Angrecka S. , Herbut P. 2017. Eligibility of lying boxes at different THI levels in a freestall barn. <i>Annals of Animal Science</i> . 17(1), 257–269. <i>Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na wykonaniu pomiarów, opracowaniu i analizie interpretacji wyników badań oraz napisaniu wstępnej wersji manuskryptu. Mój udział procentowy szacuję na 60%.</i>	15	1,018	2

A.1.5.	<p>Angrecka S., Herbut P. 2017. Environmental factors in assesment of the dairy cattle heat stress. Videcke stavby v europskych regionoch IV: architektura, konstrukcie, technologie, bezpecnost', logistika IV / Szaboova Timea, Balkova Milada, Žitňák Miroslav (red.). Technicka fakulta SPU, ISBN 978-80-552-1707-9, ss. 16-26.</p> <p><i>Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na wykonaniu studium literaturowego oraz przygotowaniu rozdziałów, współautorstwie wniosków i redakcji tekstu.</i> <i>Mój udział procentowy szacuję na 60%.</i></p>	5	0	-
A.1.6.	<p>Herbut P., Angrecka S. 2018. Relationship between THI level and dairy cows' behaviour during summer period. Italian Journal of Animal Science. 17(1), 226-233, DOI:10.1080/1828051X.2017.1333892</p> <p><i>Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na współautorstwie planu badań, przygotowaniu analizy wyników, rysunków i tabel, interpretacji wyników badań, sformułowaniu wniosków oraz redakcji tekstu.</i> <i>Mój udział procentowy szacuję na 55%.</i></p>	25	0,990	5
A.1.7.	<p>Herbut P., Angrecka S., Godyń D. 2018. Effect of the duration of high air temperature on cow's milking performance in moderate climate conditions. Annals of Animal Science. 18(1), 195-207, DOI:10.1515/aoas-2017- 0017</p> <p><i>Mój wkład w powstanie tej pracy polegał na analizie danych oraz wykonaniu statystycznej interpretacji wyników badań, napisaniu wstępnej wersji rozdziałów, współautorstwie wniosków.</i> <i>Mój udział procentowy szacuję na 50%.</i></p>	15	1,018	0
Razem		94	3,739	13

Łączna suma punktów za oryginalne prace twórcze wchodzące do w/w cyklu jednotematycznych publikacji wynosi wg MNiSW **94**, z czego **51,6** punkty to mój udział własny. W załączniku nr 7 zamieszczono oświadczenia wszystkich współautorów cyklu publikacji powiązanych tematycznie.

7.3. Wprowadzenie do tematyki badawczej

Publikowane przez światowe ośrodki badawcze raporty wskazują na pogłębiający się problem systematycznego ocieplania klimatu Ziemi. Badania wykonywane przez klimatologów i meteorologów wykazały istotne zagrożenie dla całej Europy [Peltonen-Sainio i in. 2010]. Wskazują one, że do roku 2050 średnia dobowa temperatura powietrza może wzrosnąć nawet o 2°C [Trnka i in., 2011]. Biorąc pod uwagę znaczący wpływ upałów na dobrostan i produktywność krów mlecznych [Cook i in. 2005, De Palo 2006; B.1.4., B.1.7.], należy się spodziewać, że w perspektywie kilkunastu lat warunki klimatyczne chowu bydła ulegną pogorszeniu. Wskazują na to szacowane dla Unii Europejskiej oraz USA straty w produktywności mlecznej, które wynosiły w 2015 roku od 70-550 kg mleka/dzień dla stada 100 krów i rocznie przekraczały 900 milionów dolarów [St-Pierre i in., 2003]. Z tego powodu w ostatnich latach badania nad stresem cieplnym u krów zostały zintensyfikowane. Wykazały one, że oprócz wielu negatywnych konsekwencji w zakresie dobrostanu zwierząt i strat w produkcji mleka powoduje on również liczne zaburzenia fizjologiczne i behawioralne [West i in., 2003].

Problem stresu cieplnego u bydła ma długoletnią historię i związany jest głównie z wysokimi temperaturami powietrza połączonymi z niskim lub wysokim poziomem wilgotności względnej czyli najprościej ujmując z mikroklimatem w jakim przebywają krowy. W strefie termo-neutralnej, krowa może pozbyć się ciepłoty ciała głównie poprzez oddychanie, parowanie i pocenie. Oddanie nadmiaru ciepła jest konieczne, aby zwierzę nie weszło w fazę hipertermii, która może zakończyć się jego śmiercią. Utrzymanie zatem na odpowiednim poziomie temperatury odczuwalnej krów jest warunkiem ich wysokiej wydajności i utrzymania właściwego dobrostanu. Po przekroczeniu optymalnej temperatury odczuwalnej, organizm krowy stara dostosować się do panujących warunków środowiskowych. Jednak przy wyższych temperaturach powietrza mechanizmy adaptacyjne krów przestają skutecznie usuwać nadmiar wytwarzanego ciepła z organizmu.

Występowanie stresu cieplnego może być zjawiskiem jednego lub kilku dni, ale może to być również zjawisko rozciągającego się na dłuższy okres. Może występować tak w lecie, jak i w zimie (stres zimny). Jest wynikiem wielu czynników środowiskowych, wśród których temperatura i wilgotność względna, prędkość ruchu powietrza oraz nasłonecznienie są najważniejsze. Czynnikiem łagodzącym odczucia temperatury odczuwalnej podczas mrozów jest natężenie promieniowania słonecznego na niezacienionych obszarach obory [Kadzere i in., 2002; West, 2003]. W lecie jednak nasłonecznienie przyczynia się do nasilenie stresu cieplnego. Istotnymi czynnikami, które wpływają na ryzyko wystąpienia stresów cieplnych u krów są m. in.: rasa, wiek i etap laktacji, poziom produkcji mleka, poziom spożycia paszy i wody, skład paszy, oraz zastosowane w oborach systemy zamgławiania i wentylacji [Kadzere i in., 2002; West, 2003].

Prowadzone przez naukowców badania wykazały, że warunki środowiskowe, w tym przede wszystkim temperaturę i wilgotność względną powietrza, można utrzymywać na właściwym dla

zwierząt poziomie poprzez zastosowanie odpowiednich rozwiązań [Janni and Allen, 2001]. Obok zraszaczy i mieszaczy powietrza coraz częściej wymieniane są różne formy zacienień takie jak: zadrzewienia, winorośla, ocieplanie połączeń dachowych, przedłużanie okapów dachu, montaż siatek redukujących nasłonecznienie [Schutz i in., 2009]. Pasy zadrzewień i zakrzewień oraz zwiększenie okapów to rozwiązania trwałe w przeciwieństwie do siatek czy tkanin zacieniających, w przypadku których istnieje możliwość ich okresowego montażu [B.3.1]. Trwałe metody zacieniania wymieniane są najczęściej w kontekście poprawy warunków przebywania krów na pastwiskach. Jednak uzyskane przez mnie wyniki badań, wykazały że również w oborach konieczne jest uwzględnienie nasłonecznienia, które ma znaczący wpływ na kształtowanie warunków cieplno-wilgotnościowych [B.1.4.].

Dążenie do zmniejszenia ryzyka wystąpienia stresu cieplnego u bydła mlecznego wiąże się z poszukiwaniem nowych metod jego prognozowania. W celu opisanego komfortu i stresu cieplnego u krów, naukowcy od lat 50-tych [Thom, 1959] zaczęli powszechnie stosować indeks THI (*Temperature Humidity Index*) z jego późniejszymi zmianami [Mader i in., 2006], określając w sposób coraz bardziej precyzyjny parametry środowiska w którym przebywa bydło.

Krowy w pozycji leżącej spędzają od 8 do 16 godzin w ciągu doby [Tucker i in., 2003], a według Radoń i in. [2014] od 12 do 14 godzin na dobę. Optymalizacja niezaburzonego czasu leżenia krów jest bardzo ważna ze względu na ich zdrowotność [Manninen i in., 2002; De Palo i in., 2006]. Komfort leżenia krów, w tym również wstawania i kładzenia, uzależniony jest m.in. od: wielkości i rodzaju powierzchni legowisk, typu wygrodzeń boksowych, zagospodarowania przestrzeni wypoczynkowej oraz żywienia [Camiloti i in. 2012]. Krowy preferują legowiska miękkie, wyścielone suchym i wyrównanym materiałem o odpowiedniej jakości [Camiloti i in. 2012], który jest bezpieczny w trakcie wstawania [van Gastelen i in., 2011]. Równie istotna jest także temperatura materiału wyścielającego legowiska zależna od temperatury powietrza, rodzaju samego materiału, jego głębokości [Kaczor i in., 2011], ale również nasłonecznienia.

W warunkach Polski promieniowanie słoneczne ma bardzo nierównomierny rozkład zarówno pod względem poszczególnych obszarów kraju, jak i czasowym. Na okres sześciu miesięcy sezonu wiosenno-letniego przypada 80% całkowitej rocznej sumy nasłonecznienia, a szacowany maksymalny czas nasłonecznienia w okresie lata wynosi 16 godzin. Roczna gęstość promieniowania słonecznego w Polsce na płaszczyznę poziomą waha się w granicach 950 – 1250 kWh·m⁻² [Zochowska i in., 2012].

Dążenie do zmniejszenia ryzyka wystąpienia stresu cieplnego u bydła mlecznego wiąże się też z poszukiwaniem nowych metod jego prognozowania. Dotychczas do prognozowania stresu cieplnego wykorzystywano pomiary parametrów powietrza w poszczególnych częściach obory, na podstawie których szacowane były różne indeksy, najczęściej THI. Jednak stosowane algorytmy w niedostatecznym stopniu uwzględniają prędkość ruchu powietrza wentylacyjnego oraz natężenie promieniowania słonecznego, które w sposób istotny mogą wpływać na kształtowanie mikroklimatu obory [B.1.7.].

7.4. Cele badawcze

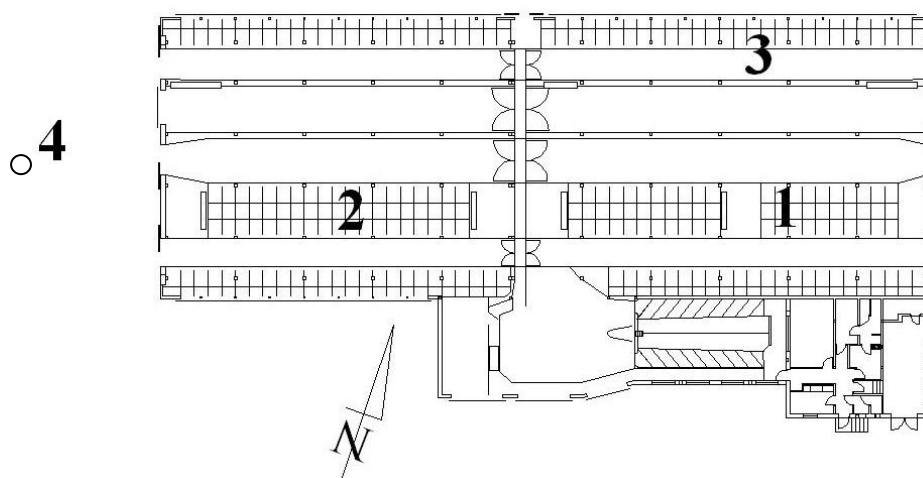
Problematyka naukowa realizowana w mojej dotychczasowej pracy badawczej skupiała się na kształtowaniu mikroklimatu w budynkach rolniczych, a zwłaszcza w oborach dla bydła mlecznego. Przeprowadzone badania oraz studia literaturowe pozwoliły mi stwierdzić, że wiele zagadnień związanych z mikroklimatem obór wolnostanowiskowych nadal pozostaje nierozwiązanych. Z tego powodu zasadnym było skierowanie mojej dalszej pracy badawczej na zagadnienia, których celem było określenie:

1. wpływu stresu cieplnego na produktywność mleczną krów [A.1.7.],
2. wpływu wielkości różnych poziomów stresu cieplnego na zachowania krów [A.1.4., A.1.6.],
3. wpływu nasłonecznienia legowisk na mikroklimat obory [A.1.1., A.1.2., A.1.3.],
4. metod prognozowania stresu cieplnego u bydła mlecznego [A.1.5.].

7.5. Metodyka badań

Podstawę opracowania jednotematycznego cyklu publikacji stanowiły wyniki badań uzyskane z długoletnich pomiarów przeprowadzonych w kurtynowej oborze wolnostanowiskowej (rys. 1). W sposób ciągły rejestrowano podstawowe parametry powietrza tj. temperaturę, wilgotność względną, prędkości powietrza oraz natężenie promieniowania słonecznego, zgodnie z przedstawioną metodyką zaprezentowaną w poszczególnych artykułach stanowiących jednotematyczny cykl publikacji. Dodatkowo posługiwano się danymi z wideo monitoringu oraz mleczności krów z poszczególnych grup technologicznych z systemu zarządzania stadem Afimilk. Do określania warunków mikroklimatycznych posługiwano się algorytmami matematycznymi zgodnie z przyjmowaną metodyką badań.

Analiza statystyczna wykonywana była w programie Statistica 12.0 i obejmowała określenie korelacji pomiędzy porównywanymi parametrami z przyjętym poziomem istotności $P < 0,05$.



Rys. 1. Rzut badanej obory kurtynowej,

1, 2, 3 - analizowane obszary pomiarowe, 4 - stacja meteorologiczna

7.6. Omówienie wyników

W polskiej strefie klimatycznej lato charakteryzuje się małą liczbą dni z temperaturami ekstremalnymi, a fale upałów rzadko są dłuższe niż kilka dni. Teoretyczne zatem kształtowanie się warunków mikroklimatycznych obory w okresie letnim nie wykazuje dużego zagrożenie dla produktywności mlecznej krów. Jednak wykonana przez mnie analiza danych z okresu kilku lat badań wykazała, że dni gorące i upalne w klimacie Polski mogą wystąpić już od 10 maja do 15 września. Wzrastająca na przestrzeni lat liczba dni upalnych oraz czteromiesięczny okres lata, niosą ze sobą duże zagrożenie stresem cieplnym. Na tej podstawie swoje prace badawcze skierowałam na określenie **wpływu stresu cieplnego na produktywność mleczną krów** [A.1.7.].

Wyniki moich pomiarów potwierdziły, że w czerwcu liczba dni gorących lub upalnych była mała, a dodatkowo były one poprzedzone pogodowymi warunkami neutralnymi. W efekcie spadki mleczności były niewielkie (średnio 1,5 kg) i następowały po około 100 godzinach z temperaturami powietrza powyżej 20°C. W lipcu w którym średnio 60% dni zaliczało się do co najmniej gorących, spadki mleczności wynosiły co najmniej 2 kg, a do ich wystąpienia wystarczyło około 80-90 godzin trwania temperatur przekraczających 20°C. Spadek produktywności mlecznej u krów w sierpniu o 2 kg następował już po około 45 godzinach, a dłuższe czasy trwania wysokich temperatur powietrza powodowały spadek wielkości nawet 6 kg. Natomiast początkiem września, krowy reagowały spadkiem wydajności już na temperatury niewiele wyższe niż 20°C. Dodatkowo zaobserwowałam, że przypadki ekstremalne w postaci dni upalnych lub długich ciągów czasowych z temperaturą powietrza powyżej 20°C, powodowały gwałtowne, a zarazem duże spadki mleczności odbiegające od przedstawionego wzorca. Wynika z tego, że temperatura termo neutralna u krów wysokowydajnych ulega stopniowemu obniżaniu wraz z notowanymi coraz cieplejszymi okresami lata.

Opóźnienie spadku mleczności w wyniku stresu cieplnego wykazywane było w wielu pracach naukowych, jednak porównanie wyników jest utrudnione ze względu na różne okresy przeprowadzanych badań. Najczęściej, spadek mleczności u krów był rejestrowany po 2-3 dniach. W swoich badaniach wykazałam, że 3-dniowe opóźnienie występowało tylko w czerwcu, a wraz z upływem lata czas opóźnienia zmniejszał się.

Na podstawie uzyskanych wyników badań stwierdziłam, że stres cieplny u krów rasy holsztyńsko-fryzyjskiej w klimacie umiarkowanym występuje już przy temperaturze powietrza równej 20°C. Efektywność czasu odpoczynku w niższych temperaturach powietrza uzależniona jest od miesiąca lata i warunków cieplnych poprzedzających ten odpoczynek.

Wykazałam, że uwrażliwienie bydła mlecznego na warunki termiczne poszczególnych okresów/miesięcy jest odzwierciedleniem liczby dni upalnych i gorących, występujących od początku miesięcy letnich.

Swoimi badaniami udowodniłam również, że spadki mleczności u krów zależą od wysokości i długości upałów w okresach je poprzedzających. Charakteryzujące się dużą liczbą dni gorących

i upalnych lipiec i sierpień powodowały, że we wrześniu krowy szybciej reagowały na pogorszenie warunków termicznych, gdyż spadek mleczności następował prawie równocześnie ze zmianą temperatury powietrza, przy odbudowie mleczności dopiero po okresie 3-4 dni.

Przeprowadzona analiza wykazała, że uzyskiwane przez naukowców różne wyniki badań wielkości spadków mleczności i czasu ich występowania mogą zależeć od miesiąca pomiarów oraz warunków cieplnych panujących w miesiącach poprzedzających badania. Warunki te mogą wpływać na zmniejszenie lub zwiększenie odporności krów na upały a tym samym wypaczać uzyskiwane wyniki zwłaszcza przy badaniach prowadzonych w rzeczywistych warunkach produkcyjnych.

W trakcie przeprowadzanych badań zaobserwowałam, że krowy przebywające w warunkach stresu cieplnego zachowują się odmiennie niż w warunkach neutralnych. Studia literaturowe potwierdziły, że aktywność ruchowa jest wskaźnikiem stanu fizjologicznego i zdrowotnego krów, a czas spędzany w pozycji leżącej i stojącej ulegają istotnym zmianom wraz z pogarszaniem się warunków środowiskowych. W związku z tym wykonałam analizę **wplywu różnych poziomów stresu cieplnego na zachowanie krów** [A.1.4., A.1.6.].

Zaobserwowałam, że liczba krów leżąca w ciągu doby w okresach neutralnych i ciepłych nie różniła się znacząco. Natomiast charakterystyczne było, że krowy czterokrotnie częściej wybierały legowiska podwójne niż przyściennie. Spadek udziału krów leżących nastąpił w okresie gorącym, przy wybieralności legowisk podwójnych. Analiza wyników badań umożliwiła mi stwierdzenie, że obszar legowisk podwójnych był najstabilniejszy pod względem warunków mikroklimatycznych. W stosunku do obszaru legowisk przyściennych, obszar ten był poza zasięgiem padania promieniowania słonecznego. Dodatkowo w tej części obory występowała najmniejsza amplituda wahań THI, które było wyższe niż 80 tylko w okresie gorącym, dlatego krowy odczuwając korzystniejsze warunki mikroklimatyczne wybierały obszar legowisk podwójnych.

Na podstawie analizy statystycznej stwierdziłam, że we wszystkich okresach występowała istotna, odwrotnie proporcjonalna korelacja THI do zajętości legowisk podwójnych. Dla stanowisk przyściennych taka zależność występowała tylko w okresie gorącym.

Wraz z pogarszającymi się warunkami cieplno-wilgotnościowymi krowy częściej wybierały leżenie na korytarzach gnojowych, zwłaszcza w godzinach nocnych kiedy THI spadało i możliwe było chłodzenie zwierząt od mokrej posadzki. Niekorzystne warunki mikroklimatyczne okresu gorącego wpływały również na zmniejszenie aktywności krów w ciągu dnia. Wybierały one stanie, ponieważ jakakolwiek aktywność fizyczna wzmagałaby produkcję ciepła metabolicznego, co w efekcie pogarszałoby ich komfort. Dodatkowo zaobserwowałam, że krowy stały na zacienionych częściach obszaru badawczego gdyż łatwiej im było ochłodzić organizm oddając ciepło konwekcyjnie. Tym bardziej, że prędkość powietrza powodująca ochładzanie zwierząt była wyższa w dzień niż w nocy.

Czynnikiem opisującym zachowanie krów jest również czas jaki spędzają w pozycji leżącej. Chwilowe, nawet nieznaczne pogorszenie warunków mikroklimatycznych nie powodowało skróceniu czasu leżenia. Obliczone dobowe czasy leżenia na legowiskach przyściennych wahały się od 100 do

146 min/d, jednak zmiany te nie odzwierciedlały zmian THI. Wyraźna zmiana dobowego czasu leżenia nastąpiła w obszarze legowisk podwójnych, gdzie w okresie neutralnym krowy spędzały tam średnio 433 min/d, w okresie ciepłym 397 min/d a w gorącym 288 min/d. Analiza statystyczna wykazała, że wraz z pogorszeniem warunków mikroklimatycznych w poszczególnych okresach termicznych istotne różnice w czasie leżenia występowały na legowiskach podwójnych oraz korytarzach gnojowych.

Na podstawie uzyskanych wyników badań stwierdziłam, że wraz ze wzrostem wartości THI następowało stopniowe skrócenie czasu leżenia na legowiskach. Jednocześnie wzrastał czas leżenia na korytarzach.

Zastosowany przeze mnie test preferencji wykazał bezpośredni związek THI z zachowaniem krów oraz zajmowalnością obszarów legowisk podwójnych. Wynika z tego zalecenie dla praktyki projektowej, że w nowych oborach powinno dążyć się do układu funkcjonalnego, w którym planowane obszary legowisk podwójnych są odsunięte od ścian kurtynowych.

W przedstawionych powyżej badaniach wykazałam, że krowy niechętnie zajmują nasłonecznione legowiska. Dodatkowo, promieniowanie słoneczne może wpływać na kształtowanie warunków ciepłno-wilgotnościowych wewnątrz obory. Dlatego kolejnym kierunkiem moich badań było określenie **wplywu nasłonecznienia legowisk na mikroklimat obory** [A.1.1., A.1.2., A.1.3.].

Analiza rozkładu nasłonecznienia legowisk, którą wykonałam z uwzględnieniem usytuowania podłużnej osi obory (kierunek E-W). Wykazała ona, że temperatura powierzchni ściółki na stanowiskach południowych rosła wraz ze wzrostem padającego na nią promieniowania słonecznego i w godzinach południowych wynosiła co najmniej 40°C. Spadek temperatury powierzchni tych legowisk następował wraz ze zmniejszającym się kątem padania promieni słonecznych. W dni szczególnie upalne temperatura powierzchni legowisk południowych osiągała średnią maksymalną wartość 58°C. Dodatkowo zaobserwowałam, że na tych legowiskach w wyniku zmian zachmurzenia następowały wahania temperatury powierzchni ściółki. Nawet krótkotrwałe, dziesięciominutowe zachmurzenie nieba powodowało spadek temperatury powierzchni legowisk o ok. 2,5°C.

Temperatura powierzchni legowisk północnych wzrastała wraz ze wzrostem temperatury powietrza, jednak w wyniku braku bezpośredniego nasłonecznienia na te legowiska przyrost ten był niewielki. Dopiero w godzinach późno popołudniowych, kiedy promieniowanie słoneczne padało na ścianę północną obory zauważalny był wzrost temperatury powierzchni legowisk północnych.

Na podstawie przeprowadzonych pomiarów i obserwacji stwierdziłam, że rozkład i wartość temperatury powierzchni legowisk uzależniony była od ich lokalizacji względem stron świata i wynikającym z tego nasłonecznieniem. Mimo iż w godzinach przed południowych zasięg nasłonecznienia nie był największy, to jednak wysokie natężenie promieniowania słonecznego i wysoka temperatura powietrza powodowały największy wzrost temperatury ściółki w boksach przyściennych.

Wykazałam, że temperatura powierzchni legowisk zależna jest od temperatury powietrza oraz ich nasłonecznienia. Uwzględniając temperaturę ciała krowy oraz temperaturę powierzchni legowisk i powietrza, stwierdziłam, że w okresie lata oddawanie ciepła do otoczenia przez zwierzęta a tym samym możliwość ich ochładzania była utrudniona. Potwierdzają to obserwacje zachowania krów uzyskane z kamer. Krowy preferowały leżenie na mokrej, zanieczyszczonej odchodami posadzce betonowej korytarza gnojowego niż przebywanie na chociaż częściowo nasłonecznionych legowiskach przyściennych.

Wykazałam również, że zróżnicowanie nasłonecznienia legowisk umożliwia optymalnie dobrać lokalizację poszczególnych grup technologicznych w oborze. Krowy najbardziej wydajne powinny przebywać w części obory z legowiskami północnymi, a krowy przed zasuszeniem w części południowej. Rotacja taka ograniczy ryzyko wystąpienia stresu cieplnego u krów w szczycie laktacji.

Zaobserwowany w trakcie badań wpływ zachmurzenia na obniżanie temperatury powierzchni legowisk, pozwolił mi stwierdzić, że zastosowanie zacienień w otoczeniu budynku w godzinach południowych wpłynie na ograniczenie nagrzewania się legowisk.

Zalecane dla ochrony przed nasłonecznieniem rozwiązania zacieniające np. nasadzenia drzew są możliwe w trakcie eksploatacji budynku. W mojej pracy badawczej rozpatrzyłam możliwości redukcji nasłonecznienia zaplanowanych już w fazie projektowej budynku tj. typ obory, lokalizacja względem stron świata oraz wydłużenie okapów.

W wyniku analizy możliwości zacienienia legowisk przyściennych w trzech najczęściej występujących w Polsce typach obór wykazałam, że rozwiązaniem najkorzystniejszym jest budynek typu *Fermstal* o wysokości ściany kurtynowej wynoszącej 3 metry. Uzyskane w modelowej analizie wydłużenie okapu w tego typu oborze powoduje redukcję nasłonecznienia podczas całego dnia. Ten typ budynku charakteryzuje się stosunkowo niską wysokością konstrukcji, co ułatwia zredukowanie nasłonecznienia, jednak istotnym problemem może być niska skuteczność wentylacji grawitacyjnej.

*Stwierdziłam, że budynek typu *Fermbet* może być rozwiązaniem korzystnym, ale tylko w czasie kiedy promieniowanie słoneczne pada pod dużym kątem, czyli w okresie od czerwca do końca lipca. Wraz ze zmniejszającym się kątem padania promieni słonecznych skuteczność zacieniania powierzchni przyściennych legowisk za pomocą wydłużonego okapu zmniejszała się.*

Budynek, który rozpatrzyłam jako reprezentatywny dla współczesnych hal bez słupowych i nowo stawianych dużych obór, okazał się mało efektywny w redukcji nasłonecznienia. W okresie czerwca i początku lipca redukcja w nim wynosiła maksymalnie 65%, stopniowo zmniejszając się, a we wrześniu w ogóle nie występowała. *Stwierdziłam więc, że w tego typu budynkach należałoby stosować inne zacieniające rozwiązania techniczne lub roślinne.*

Wykonana przeze mnie modelowa analiza usytuowania budynków względem stron świata prócz wartości redukcji nasłonecznienia wymagała dodatkowo rozpatrzenia czasu padania promieniowania słonecznego na legowiska z poszczególnych stron budynku.

Na podstawie obliczonych wartości redukcji wskazałam, że najlepszym rozwiązaniem jest usytuowanie w wariantach osi obory na kierunku północ-południe i z 30° odchyleniem od tego kierunku, mimo iż redukcja nie osiągnęła w tych przypadkach największych wartości.

Systemy zacieniające w większości są rozwiązaniami trwałymi. Natomiast systemy redukujące niekorzystne warunki cieplno-wilgotnościowe w oborach, np. zraszacze powietrza, panele ewaporacyjne czy wentylatory tunelowe, włączane są okresowo. Spełniają one swoją rolę poprawnie jeżeli zostaną wykorzystane przed wystąpieniem skrajnych warunków. Jednak przewidzenie kiedy należy skorzystać z tych rozwiązań jest zadaniem trudnym. Prognozowanie na podstawie zmienności samej temperatury powietrza w klimacie umiarkowanym jest możliwe, ale bez znajomości pozostałych parametrów powietrza, można źle zinterpretować nadchodzące warunki termiczne. Dlatego poznanie **metod prognozowania stresu cieplnego u bydła mlecznego** jest niezbędne do prawidłowego zarządzania mikroklimatem obór [A.1.5.].

W wyniku wykonanych studiów literaturowych stwierdziłam, że na przestrzeni lat wykształciły się 2 główne sposoby prognozowania stresu cieplnego. Pierwszym z nich są różnorakie indeksy cieplno-wilgotnościowe wyrażane w jednostkach bezwzględnych określające komfort termiczny krów. Drugim są algorytmy wyrażane w °C, które mają określić temperaturę odczuwalną bydła. Wskaźniki te ulegały różnorodnym modyfikacjom oraz zakresom granicznych przedziałów wartości, odpowiadającym wielkości stresu cieplnego u bydła.

Analiza parametrów powietrza na podstawie których obliczane są indeksy THI (*Temperature Humidity Index*) i ETI (*Equivalent Temperature Index*), pozwoliła mi stwierdzić, że nie uwzględniają one promieniowania słonecznego, które jak wykazałam wcześniej, może mieć istotny wpływ na kształtowanie warunków cieplno-wilgotnościowych i powstawanie stresu cieplnego. Dodatkowo, formuła obliczeniowa THI nie uwzględnia prędkości powietrza, przez co pomijana jest w obliczeniach możliwość schładzania krów. W tym celu opracowane zostały poprawki do wzorów podstawowych. Formuła ETI, mimo iż uwzględnia prędkość powietrza, nie jest przydatna w warunkach klimatu umiarkowanego. Dodatkowo, formuła ETI bazuje na testach i wynikach uzyskanych w komorach klimatycznych i nie oddaje rzeczywistych warunków produkcyjnych przez co możliwość jej wykorzystania w oborach kurtynowych jest znikoma.

Wskaźnikiem uwzględniającym wszystkie wyżej wymienione parametry powietrza jest THI_{adj} (*Adjusted Temperature Humidity Index*), którego algorytm obliczeniowy powstał z uwzględnieniem cech odzwierzęcych (np. rasa, kolor okrywy włosowej). Jednak w przypadku tego wskaźnika trwają prace nad możliwością jego wykorzystania w oborach, gdyż podstawowy wzór odnosił się do pastwisk i wiat.

Dla krów przebywających na pastwiskach opracowane zostały różne warianty wskaźników do prognozowania stresu cieplnego np. ITSC (*Index of thermal stress for cows*), HLI (*Heat Load Index*), BGHI (*Black Globe Humidity Index*). Zastosowanie tych wskaźników wiąże się z dokładnym

rozpoznaniem ich stosowalności, gdyż część z nich powstała dla klimatu tropikalnego lub bydła mięsnego.

Stwierdziłam więc, że wskaźnikiem uniwersalnym jest THI, jednak należy pracować nad możliwością jego modyfikacji i uzupełnienie co najmniej o prędkość powietrza oraz natężenie promieniowania słonecznego. Należałoby również rozważyć uwzględnienie w formule obliczeniowej THI temperatury legowisk lub podłoża, na którym kładą się krowy.

Analiza wartości granicznych wskaźników do prognozowania stresu cieplnego skłoniła mnie do wniosku, że brak jest jednoznacznej wartości oznaczającej wystąpienie stresu cieplnego. Podawane przez różnych autorów wartości graniczne, zwłaszcza w przypadku THI, mają bardzo dużą rozpiętość, a co za tym idzie odniesienie się do każdej z tych granic daje różne wyniki. Studia literaturowe pozwoliły mi stwierdzić, że mnogość wartości granicznych wynika z różnych okresów pomiarowych oraz różnych cech krów do których zostały przyrównane np. wydajności mlecznej, liczby oddechów czy poboru suchej masy paszy. W związku z tym koniecznym jest opracowanie jednolitych wytycznych dla bydła mlecznego.

7.7. Podsumowanie

Najważniejsze osiągnięcia, wynikające z badań przedstawionych w jednotematycznym cyklu publikacji, pt. „Wpływ wybranych czynników mikroklimatu obory na ocenę stresu środowiskowego krów”, stanowiące istotny wkład w rozwój dyscypliny ochrona i kształtowanie środowiska, to:

- *Wykazałam, że w obrębie przestrzeni obory analizę warunków mogących powodować stres cieplny należy wykonać strefowo, w zależności od wydajności krów w grupie technologicznej oraz warunków termiczno-wietrznych.*
- *Wskazałam, że podawane w literaturze zróżnicowane wartości temperatur powietrza powyżej których rozpoczyna się stres cieplny należy poddać weryfikacji, a wartości graniczne THI ujednolicić. Z kolei formuły obliczeniowe wskaźnika THI należy rozszerzyć o natężenie promieniowania słonecznego. Zalecane jest również uwzględnienie w formule obliczeniowej THI temperatury legowisk lub podłoża, na którym kładą się krowy.*
- *Wykazałam, że stres cieplny u krów rasy holsztyńsko-fryzyjskiej w klimacie umiarkowanym występuje już przy temperaturze powietrza równej 20°C. Efektywność czasu odpoczynku oraz uwrażliwienie bydła mlecznego na warunki termiczne poszczególnych okresów/miesiący jest odzwierciedleniem liczby dni upalnych i gorących, występujących od początku miesięcy letnich. Natomiast spadki mleczności u krów zależą od wysokości i długości upałów w okresach je poprzedzających.*
- *Wykazałam bezpośredni związek THI z zachowaniem krów oraz zajmowalnością obszarów legowisk podwójnych oraz stopniowe skrócenie czasu leżenia na legowiskach, przy wzroście czasu leżenia na korytarzach. Z czego wynika dla praktyki projektowej, że w nowych oborach powinno*

dążyć się do układu funkcjonalnego, w którym zaplanowane obszary legowisk podwójnych są odsunięte od ścian kurtynowych.

- *Wskazałam, że zróżnicowanie nasłonecznienia legowisk umożliwia optymalnie dobrać lokalizację poszczególnych grup technologicznych w oborze. Dodatkowo wykazałam, że pod względem usytuowania obór względem stron świata najkorzystniejszym rozwiązaniem jest lokalizacja w wariantach osi obory na kierunku północ-południe i z 30° odchyleniem od tego kierunku.*

8. Omówienie pozostałych osiągnięć naukowo - badawczych

8.1. Kierunki pracy badawczej przed doktoratem

Moja praca naukowa jest ściśle związana z tematyką badawczą prowadzoną od wielu lat w Katedrze Budownictwa Wiejskiego Uniwersytetu Rolniczego w Krakowie. Początkowo moje badania były skoncentrowane na określeniu warunków cieplno-wilgotnościowego podczas doju i ocenie **skuteczności działania wentylacji mechanicznej w halach udojowych**. Na podstawie przeprowadzonych badań i uzyskanych wyników stwierdziłam, że rozkład powietrza wentylacyjnego w dojarni jest bardzo zróżnicowany. Wyróżniłam obszary charakteryzujące się zastoiskami powietrza, zbyt dużymi lub zbyt małymi prędkościami powietrza w stosunku do wartości zalecanych dla bydła mlecznego. Spowodowane to było zakłóceniem przepływu powietrza przez ścianę wygradzającą stanowiska udojowe od korytarza powrotnego oraz wygradzeń pozycjonujących bydło podczas doju. Wymienione przegrody o charakterze budowlanym redukowały prędkość ruchu powietrza nawiewanego z wentylatora, co wpływało również na znaczne zmniejszenie zasięgu powietrza świeżego. Stwierdziłam, że doraźną poprawę sprawności wentylacji można uzyskać ustawiając żaluzje wentylatora pod kątem 15° w stronę sufitu. Jednak najlepszym rozwiązaniem przy tego typu halach byłoby zastosowanie wentylacji podciśnieniowej lub nadciśnieniowej z wentylatorami usytuowanymi w połaci dachu hali udojowej [B.1.1.].

W wyniku analizy pomiarów uzyskanych z innych typów hal udojowych również zaobserwowałam zróżnicowany rozkład przepływów powietrza, co związane było głównie z rozmieszczeniem wentylatorów nawiewnych oraz ich odległością od kanału dojarza [B.1.8.].

Mimo dużych zdolności adaptacyjnych do zmieniających się w ciągu roku warunków cieplno-wilgotnościowych powietrza krowy przebywające w oborach narażone są na stres zimny oraz jego negatywne konsekwencje. Pomiarów parametrów powietrza, które wykonałam w okresie silnych mrozów miały na celu **określenie wpływu warunków środowiskowych na ryzyko wystąpienia stresu zimnego** [B.1.9]. Do obliczeń wykorzystałam wskaźnik WCT, który interpretowany jest jako temperatura odczuwalna występująca w określonych warunkach termiczno-wietrznych.

W wyniku analizy przeprowadzonych obliczeń wykazałam, że temperatura odczuwalna u krów była w każdym przypadku niższa niż zarejestrowane temperatury powietrza. Najkorzystniejsze dla krów warunki występowały przy ścianie pełnej obszaru 1. Wynikało to ze stabilnych temperatur oraz niskich prędkości powietrza. Nawet chwilowo zwiększone prędkości powietrza nie wpływały na pogorszenie temperatury odczuwalnej u krów. W obszarach 2 i 3, przy ścianach kurtynowych, gdzie temperatura powietrza wewnętrznego była silnie uzależniona od zmian temperatur zewnętrznych, wartości temperatury odczuwalnej osiągały najniższe wartości w oborze. Było to efektem wyższych prędkości powietrza wentylacyjnego przekraczających zalecaną dla okresu zimowego wartość $0,2 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. W części południowej obory na obszarze 2. promieniowanie słoneczne padające na

zamkniętą kurtynę powodowało w godzinach dziennych wzrost rejestrowanej temperatury powietrza i poprawę temperatury odczuwalnej krów.

W powyżej opisanych warunkach mikroklimatycznych spadki wydajności mlecznej we wszystkich grupach krów zarejestrowane zostały po 24 godzinach od wystąpienia niskich temperatur powietrza i utrzymywały się aż do wzrostu temperatur powietrza, po czym następowała odbudowa mleczności. Analiza statystyczna spadków mleczności umożliwiła mi stwierdzenie, że w strefie przyściennej, gdzie znajdowały się krowy najbardziej wydajne, spadek mleczności wyniósł średnio 1 kg, a korelacja do zmiennej temperatury odczuwalnej była silna. Z kolei u krów przy południowej ścianie kurtynowej spadek mleczności wyniósł średnio 2 kg, przy silnej korelacji do temperatury odczuwalnej. Spadek wydajności mlecznej w grupie krów przy północnej ścianie kurtynowej o najslabszej wydajności mlecznej osiągnął wartość średnią równą 0,5 kg. Jednak mimo iż warunki termiczne w strefach kurtynowych (2. i 3.) były zbliżone, to w strefie przy północnej ścianie kurtynowej brak było istotnej korelacji pomiędzy omawianymi i uwzględnionymi czynnikami.

Zastosowany wskaźnik WCT, nazywany również temperaturą odczuwalną, jest obliczany na podstawie tylko dwóch parametrów powietrza. W wyniku analizy obliczeń uznałam, że należałoby uwzględnić w nim również wilgotność względną powietrza. Zalecana wartość wilgotności powietrza dla bydła wynosi 60 do 80%, jednak w okresie zimowym wartości te rzadko są zapewnione. Za wysoka wilgotność powietrza prowadzi do zawilgocenia okrywy włosowej, czego następstwem jest zwiększenie odczucia chłodu.

Wykazałam, że w obrębie przestrzeni obory rozpatrzenie warunków mogących powodować stres zimny należy wykonać strefowo, w zależności od wydajności krów w danej grupie technologicznej oraz panujących warunków termiczno-wietrznych. Stwierdziłam, że podawane w literaturze zróżnicowane wartości temperatur powietrza, poniżej których rozpoczyna się stres zimny, należy poddać weryfikacji.

Przeprowadzona przez mnie analiza pomiarów wykazała, że nasłonecznienie ściany kurtynowej wpływa na wzrost temperatury powietrza, więc uwzględnienie natężenia promieniowania słonecznego we wzorze obliczeniowym WCT również jest uzasadnione.

Stwierdziłam, że w warunkach zimowych spadki mleczności zależne są od wielkości produkcji mlecznej krów. Wraz ze wzrostem wydajności wzrasta produkcja ciepła w organizmie krów. Uzyskana w ten sposób nadwyżka ciepła rekompensuje niekorzystne warunki termiczne w oborze, dlatego krowy o najniższych wydajnościach są najbardziej narażone na stres zimny. Wykazałam, że bydło mleczne rasy holsztyńsko-fryzyjskiej utrzymywane w oborach kurtynowych dobrze znosi duże mrozy połączone z wysokimi prędkościami ruchu powietrza. Mimo wystąpienia stresu zimna, mleczność była szybko odbudowywana. W związku z tym w oborach odpowiednio zabezpieczonych przed silnymi wiatrami, stres zimny u krów nie stanowi dla hodowców dużego zagrożenia związanego ze spadkiem produkcji mlecznej.

Kolejnym zagadnieniem w mojej pracy badawczej było **wykorzystanie wskaźników indeksowych przy określeniu ryzyka występowania stresu cieplnego u bydła**. Występowanie niebezpiecznego dla krów zjawiska stresu cieplnego jest złożonym i interdyscyplinarnym problemem. Przeprowadzone przeze mnie studia literaturowe wykazały, że pomiary temperatury oraz wilgotności względnej powietrza podczas upałów są często niewystarczające dla określania temperatury odczuwalnej u bydła. Jednak najczęściej stosowanym parametrem do określania komfortu u krów oraz ryzyka wystąpienia stresu cieplnego jest wskaźnik THI (*Temperature Humidity Index*) [B.3.1.].

Na podstawie obliczeń wskaźnika THI z 2-letniego okresu pomiarów wybranych parametrów powietrza w trzech strefach obory stwierdziłam, że efektem wystąpienia stresu cieplnego u krów był zarejestrowany w systemie zarządzania stadem spadek wydajności mlecznej. Stwierdziłam również, że spadki mleczności były zróżnicowane w zależności od wydajności krów i ich lokalizacji na obszarze obory [B.1.2., B.5.1.-B.5.2.]. Kontynuacja obserwacji i pomiarów wybranych parametrów powietrza w oborze, umożliwiła ustalenie obszaru bytowania krów, na którym warunki mikroklimatyczne były najbardziej niekorzystne. Najmniej korzystny mikroklimatycznie obszar znajdował się przy ścianie kurtynowej z wystawą południową, a do zagrożenia stresem cieplnym w tej części obory przyczyniało się jego długotrwałe nasłonecznienie. Określenie wpływu warunków mikroklimatycznych panujących w oborze na wielkość stresu cieplnego obliczyłam przy pomocy wskaźnika THI_{adj}. Wskaźnik ten prócz podstawowej wartości THI, bazującej na temperaturze i wilgotności względnej powietrza, uwzględnia również prędkość ruchu powietrza oraz natężenie promieniowania słonecznego [B.1.4., B.5.3.].

Obliczenia THI_{adj} wykonałam dla dwóch stanowisk pomiarowych w części, gdzie: promienie słoneczne padały bezpośrednio na legowiska (bliżej ściany kurtynowej) oraz w której promienie słoneczne nie docierały bezpośrednio na legowiska (w głębi obory). Uzyskane wyniki obliczeń potwierdziły, że w części nasłonecznionej obory wskaźnik THI_{adj} był wyższy niż w zacienionej. Porównanie wykresów THI_{adj} i prędkości powietrza na stanowiskach pomiarowych wykazały, że ochładzanie krów, widoczne w spadku wartości THI_{adj}, było zauważalne dopiero przy prędkości powietrza wentylacyjnego powyżej 2 m·s⁻¹ [B.1.4.].

Wykonane obliczenia wartości wskaźników stresu cieplnego wykazały istotne zróżnicowanie warunków cieplno-wilgotnościowych w poszczególnych częściach obszaru przebywania krów. Wykazałam, że pomiary parametrów powietrza w jednym punkcie obory nie są reprezentatywne dla całej obory i tym samym utrudniają właściwe zarządzanie ryzykiem wystąpienia stresu cieplnego. Stwierdziłam również, że wstępna ocena lub prognoza dla poszczególnych obszarów przebywania krów pod względem ryzyka stresu cieplnego powinna być podstawą rozwiązania funkcjonalno-użytkowego obór wolnostanowiskowych oraz rozmieszczenia wentylatorów – mieszaczy powietrza [B.1.7.].

Z powyższych badań wynika, że bardzo istotnym dla ochładzania zwierząt, zwłaszcza krów, w okresie letnim jest ruch powietrza kształtowany przez wentylację mechaniczną bądź naturalną.

Dlatego kolejnym zagadnieniem w mojej pracy były badania **skuteczności działania wentylacji grawitacyjnej w budynkach inwentarskich**. Na podstawie przeprowadzonych w oborze kurtynowej pomiarów i obserwacji wytypowałam w oborze niekorzystne dla zwierząt strefy zastoisk oraz obszary o prędkościach ruchu powietrza zdecydowanie przekraczających zalecane dla nich wartości [B.1.3.]. W celu uzyskania pełniejszej charakterystyki ruchu powietrza w oborze przeprowadziłam również badania prędkości ruchu powietrza na poddaszu [B.3.2.] oraz w hali głównej obory [B.3.3.].

Odnotowane podczas badań temperatury powietrza były wyższe od zalecanej dla bydła górnej temperatury krytycznej, a podczas 5 dni przekroczyły nawet 30°C. W wyniku przegrzania temperatura powietrza na poddaszu przekraczała wartości powietrza zewnętrznego, a u krów wystąpiły objawy stresu cieplnego. Przyczyniało się do tego: brak skutecznej wentylacji, niewielkie prędkości wiatru oraz ruchu powietrza, konstrukcja budynku oraz jego usytuowanie w terenie. Niejednorodny rozkład sprawności wentylacji kalenicowej powodował dodatkowo powstawanie w oborze stref o różnych efektywnościach wentylacyjnych [B.3.2].

Wykonane pomiary prędkości powietrza w hali głównej obory umożliwiły mi opracowanie rozkładu powietrza wentylacyjnego w wybranych przekrojach budynku. Uwzględnienie kierunków wiatru w analizie przemieszczania się powietrza wentylacyjnego pozwoliło na rozpoznanie przypadków, w których przepływ powietrza wentylacyjnego był prawidłowy i zapewniał ochładzanie zwierzętom. Z kolei w strefach z niewystarczającymi prędkościami powietrza wentylacyjnego wskazywał na konieczność zastosowania wentylacji mechanicznej [B.3.3.].

Podobnie jak w oborach, również w stajniach bardzo często występuje problem z optymalną wymianą wentylacyjną, wynikający m.in. z błędów wykonawczych i materiałowych. Brak otworów nawiewnych oraz nieprawidłowo wykonane i rozmieszczone wywietrzniki dachowe powodują, że w budynku zamkniętym ruch powietrza jest znikomy. Dopiero otwarcie okien oraz wrót wymusza wyższe wartości prędkości powietrza [B.3.4.].

Ważnym aspektem kształtowania mikroklimatu obór jest również odpowiednia jakość powietrza wentylacyjnego. Z tego powodu wykonałam analizę **koncentracji i emisji amoniaku z obory kurtynowej**. Wykonana przeze mnie charakterystyka kształtowania się stężenia amoniaku w różnych porach roku pozwoliła na określenie występowania jego maksymalnych i minimalnych wartości, co pozwoliło na ocenę zagrożenie dla zwierząt i ludzi [B.1.5.]. W okresie letnim przy „otwartej” oborze, stężenie amoniaku nierozzerwalnie wiąże się z jego emisją do atmosfery i zależy głównie od wielkości wentylacyjnej budynku. Większa wielkość wentylacyjna w okresie lata spowodowana „otwarcie” budynku przyczyniła się do zwiększonej emisji amoniaku do atmosfery. Oszacowanie wielkości wentylacyjnej można wykonać w oparciu o różne metody, jednak wykorzystana przeze mnie metoda uwzględniająca w obliczeniach szczegółowe dane prędkość powietrza oraz wypór termiczny wydaje się być najbardziej miarodajna. Przeprowadzone obliczenia wielkości emisji amoniaku dla obory kurtynowej wykazały, że współczynniki emisji amoniaku stosowane do obliczeń są przeszacowane [B.1.6.].

Reasumując, przed uzyskaniem stopnia doktora moja praca badawcza skupiała się wokół zagadnień:

- **skuteczności działania wentylacji mechanicznej w halach udojowych** [B.1.1., B.1.8.],
- **określenie wpływu warunków środowiskowych na ryzyko wystąpienia stresu zimnego** [B.1.9.],
- **wykorzystania wskaźników indeksowych przy określeniu ryzyka występowania stresu ciepłego u bydła** [B.1.2.-B.1.4.; B.1.7., B.3.1.; B.5.1.-B.5.3.],
- **skuteczności działania wentylacji grawitacyjnej w budynkach inwentarskich** [B.3.2.-B.3.4.],
- **koncentracji i emisji amoniaku z obory kurtynowej** [B.1.5.-B.1.6.].

8.2. Główne kierunki pracy badawczej po doktoracie

Po uzyskaniu doktoratu obronionego z wyróżnieniem, na podstawie jednotematycznego cyklu publikacji pt.: "Wpływ warunków klimatycznych na kształtowanie się mikroklimatu obory kurtynowej w okresie letnim", kontynuowałam moją pracę badawczą obejmującą następujące zagadnienia:

- **właściwości techniczne materiałów i przegród budowlanych** [B.4.2., B.4.4, B.4.9],
- **kształtowanie warunków ciepło-wilgotnościowych w budynkach rolniczych** [B.2.1, B.4.5.-B.4.6., B.6.1.-B.6.2., B.6.4.-B.6.7., B.6.9., B.6.11.-B.6.12.],
- **rola nasłonecznienia w kształtowaniu warunków termicznych w budynkach** [B.4.8., B.6.8., B.6.10.],
- **wpływ czynników środowiskowych na zachowanie oraz produktywność mleczną bydła** [B.2.2.-B.2.5., B.4.7., B.4.10., B.6.13.].

Na przestrzeni lat wymagania stawiane materiałom oraz przegrodom budowlanym ulegają systematycznym zmianom i normatywnym zaostreżeniom. Rozpatrując **właściwości techniczne materiałów i przegród budowlanych** dostrzegamy zróżnicowanie najistotniejszych cech technicznych pozwalających mówić o możliwości ich zastosowania w konkretnych rozwiązaniach konstrukcyjnych.

W przypadku dachówek ceramicznych bardzo istotna jest nasiąkliwość. W wyniku analizy badań stwierdziłam, że masa dachówek ceramicznych wzrosła o 6-9%, a dachówki historyczne osiągały największe wartości nasiąkliwości [B.4.2.].

Obecne normy nakładają na projektantów konieczność doboru takich rozwiązań materiałowych, które zapewnią odpowiednią charakterystykę cieplną przegrody oraz wyeliminują niekorzystny wpływ wilgoci na jej konstrukcję i mikroklimat wnętrza. Analiza wyników badań termomodernizowanych budynków umożliwiły mi stwierdzenie, że przegrody przed

termomodernizacją, niezależnie od konstrukcji, nawet pięciokrotnie przekraczały dopuszczalne wartości współczynnika przenikania ciepła. Na podstawie analizy ciepłno-wilgotnościowej wykazałam, że zastosowanie izolacji termicznej o grubości 10 cm spowodowało obniżenie ryzyka kondensacji pary wodnej na wewnętrznej powierzchni ścian oraz zapewniała wystarczający opór przenikania ciepła [B.4.4].

Wgłębna kondensacja pary wodnej jest niekorzystna zwłaszcza w przypadku materiałów takich jak beton komórkowy. Źle zabezpieczona przegroda z betonu komórkowego bardzo szybko pochłania duże ilości wilgoci, co zwiększa współczynnik przenikania ciepła oraz wydłuża czas schnięcia elementu budowlanego.

Na podstawie analizy podstawowych pomiarów parametrów fizycznych betonu komórkowego wykazałam, że wilgotność masowa w stanie naturalnym była około dwa razy mniejsza w przypadku betonu komórkowego na bazie piasku, niż na bazie popiołów lotnych. Okres odsychania na wolnym powietrzu dla betonu komórkowego na bazie piasku był o dwa tygodnie krótszy niż w przypadku betonu komórkowego na bazie popiołów lotnych. Stwierdziłam, że istnieją dwie fazy suszenia: pierwsza trwa do 10 dni, kiedy następuje intensywny spadek wilgotności wagowej, a druga od 10 do 25-40 dni, gdy obserwuje się niski spadek wilgotności wagowej [B.4.9].

Rozwiązania materiałowo-konstrukcyjne zastosowane w budynkach pełnią istotną rolę w kształtowaniu ich warunków wewnętrznych [B.4.6.]. Jednak **kształtowanie warunków ciepłno-wilgotnościowych w budynkach rolniczych** zależne jest głównie od typu budynku oraz rodzaju produkcji zwierzęcej lub roślinnej. W budynkach przechowalniczych, jakim jest piwnica zagłębiona w gruncie, bardzo istotnym czynnikiem jest wpływ temperatury zewnętrznej oraz temperatury gruntu na wewnętrzne wartości temperatury powietrza. W przeprowadzonej analizie temperatur powietrza wewnątrz piwnicy wykazałam, że korzystne warunki przechowalnicze dla warzyw występują tylko w okresie zimowym. W czasie zapelnienia piwnicy temperatura powietrza wewnętrznego była wyższa niż zalecana dla warzyw, jednak stwierdziłam, że zagłębienie piwnicy w gruncie było korzystne, ponieważ wpłynęło na zmniejszenie codziennych wahań temperatury i wilgotności względnej powietrza wewnętrznego. Mimo to, w celu przechowywania warzyw należy zastosować izolację termiczną przegród oraz dodatkowo zainstalować jednostkę chłodzącą [B.4.5].

W przypadku piwnic zagłębionych zapewnienie optymalnych warunków ciepłno-wilgotnościowych związane jest z chłodzeniem obiektu. Natomiast zapewnienie wymaganych dla danej uprawy warunków w szklarniach jest związane z okresowym dogrzewaniem tych obiektów. Na podstawie całorocznych analiz wykonanych dla obiektów szklarniowych wykazałam, że szklane przegrody generują duże starty ciepła, które są wprost proporcjonalne do amplitud temperatur powietrza wewnątrz i na zewnątrz szklarni. W bilansie energetycznym szklarni rola gruntu zmieniała się w przeciągu roku. W okresie letnim ośrodek gruntowy był odbiornikiem nadmiaru ciepła ze szklarni, podobnie jak w okresie zimowym, kiedy to zakumulowane w gruncie ciepło oddawane było do wnętrza szklarni. W trakcie okresu wiosennego grunt był wychłodzony, co w gospodarce

energetycznej szklarni oznaczało oddawanie ciepła z jej wnętrza do gruntu. Stwierdziłam, że grunt podobnie jak w przypadku piwnicy stabilizuje mikroklimat szklarni i łagodzi dobowe wahania temperatur wewnętrznych [B.6.11.].

Podobnie jak w szklarniach, również w produkcji zwierzęcej, występują charakterystyczne dla danego gatunku zwierząt wymagania mikroklimatyczne. Specyficzne zalecenia posiada proces chowu kurcząt brojlerów, co wynika z konieczności zapewnienia optymalnych temperatur powietrza w brojlerni na poszczególnych etapach ich rozwoju. Dąży się przy tym do zredukowania wpływu powietrza zewnętrznego na warunki wewnętrzne panujące w brojlerni. Jednym z najważniejszych parametrów mikroklimatu w strefie przebywania brojlerów jest temperatura ściółki, która powinna być zbliżona do temperatury powietrza wewnątrz budynku produkcyjnego [B.6.2.]. Rola temperatury ściółki jest niezwykle istotna ze względu na bezpośredni kontakt pomiędzy ptakami a ściółką. W pierwszych dniach cykli zimowych, kiedy brojlery są małe, ściółka często ma temperaturę niższą nawet o kilkanaście stopni niż zalecana, co wymaga zastosowania systemów grzewczych [B.6.12.]. Letnie cykle charakteryzują się przegrzewaniem ściółki, na co wpływ ma zagęszczenie obsady brojlerów [B.6.5.]. Duże zagęszczenie ptaków wpływa również na zawilgocenie ściółki, co może nasilać proces fermentacji ściółki i dodatkowe wydzielanie ciepła [B.6.2.]. W trakcie procesu fermentacji ściółki wytwarzane są szkodliwe gazy tj. amoniak, którego wysokie stężenie w budynku jest niekorzystne dla brojlerów, a może również przyczyniać się do lokalnego zanieczyszczenia powietrza [B.6.6.]. W celu zapewnienia optymalnej temperatury ściółki oraz redukcji zagrożeń związanych z jej fermentacją można wykorzystać gruntowe wymienniki ciepła lub system chłodzenia podłogowego [B.6.7.].

Specyficznym pod względem optymalnych warunków mikroklimatycznych budynkiem (lub częścią budynku) jest hala udojowa. Kształtowanie warunków cieplno-wilgotnościowych dla dojarni często nie jest określone, co wynika z krótkiego czasu przebywania w niej krów. Przyjmuje się, że podstawowym kryterium utrzymania odpowiedniego poziomu parametrów mikroklimatu w halach udojowych jest sprawnie działająca wentylacja.

W wykonanej analizie zmienności warunków cieplno-wilgotnościowych w okresie letnim w hali udojowej „bok w bok” zaobserwowałam, że przejście poszczególnych grup krów powodowało wzrost temperatury powietrza wewnątrz hali o 4-6°C, co w efekcie stwarzało zagrożenie stresem cieplnym. Natomiast wyjście ostatniej grupy krów z hali wiązało się ze spadkiem temperatury powietrza o blisko 5°C [B.6.4.].

Podczas swoich badań w hali udojowej wyznaczyłam strefy zróżnicowanych prędkości powietrza wentylacyjnego, które mogły negatywnie oddziaływać podczas doju na krowy. Weryfikacji zatem należy poddawać dobór i rozwiązania systemów wentylacyjnych w halach udojowych, których jedynym kryterium byłoby zapewnienie odpowiedniej objętości powietrza nawiewanego bez analizy jego rozkładu przestrzennego i czasowego [B.6.1.].

W programie PyroSim opracowałam komputerowy model hali udojowej odpowiadający rzeczywistej, z uwzględnieniem wszystkich elementów wyposażenia oraz uwzględniający wymiary i ciepło utajone od krów, co pozwoliło w sposób wiarygodny zaobserwować modelowe parametry wpływające na ruch powietrza [B.2.1., B.6.9.].

Na podstawie wykonanej analizy porównawczej stwierdziłam dużą zgodność wyników badań poligonowych z wynikami niestacjonarnej analizy komputerowej. W obydwu przypadkach główny kierunek przemieszczania się powietrza wentylacyjnego był zbliżony. Model komputerowy umożliwił wykazanie, że krowy przebywające w hali udojowej podczas doju oddziałują znacząco na kierunki rozprzestrzeniania się powietrza wentylowanego i mogą zmieniać kierunki jego przepływu.

W wyniku analizy komputerowej modelu wykazałam, że przepływ powietrza oraz ocena dominujących czynników mikroklimatu wewnątrz pomieszczeń jest zagadnieniem zależnym od wielu poprawnie wprowadzonych czynników brzegowych, głównie pojemności cieplnej przegród budowlanych oraz ciepła od krów.

Oceniając przydatność oprogramowania do projektowania systemów wentylacji mechanicznej w hali udojowej, stwierdziłam, że program PyroSim umożliwia zamodelowanie rzeczywistej pracy projektowanego systemu wentylacji mechanicznej w niewielkich obiektach z kontrolowaną wentylacją. Wykonany model hali udojowej i przeprowadzona analiza porównawcza alternatywnych systemów wentylacji mechanicznej hali udojowej „bok w bok” umożliwiła mi wykazanie, że najbardziej skuteczny pod względem krotności wymiany oraz rozkładu prędkości powietrza byłby system wentylacji zrównoważonej [B.2.1.].

Modelowanie warunków wentylacyjnych w oborach jest zagadnieniem dużo bardziej skomplikowanym m.in. ze względu na układ funkcjonalny, otwarte ściany kurtynowe czy lokalizowanie budynku względem stron świata. Dla obór zaleca się lokalizację osi podłużnej budynku na kierunku północ-południe z ewentualnym kilkunastostopniowym odchyleniem. Takie usytuowanie obory jest korzystne ze względu na dominujący w Polsce zachodni kierunek wiatrów. Jednak z uwagi na możliwość nadmiernego nasłonecznienia wnętrza obory należy rozpatrzyć **jego rolę w kształtowaniu jej warunków termicznych**. Na podstawie przeprowadzonej analizy obór w Polsce, zwłaszcza jej północnej części, stwierdziłam, że dominującymi kierunkami osi podłużnych obór są NW-SE oraz NE-SW [B.4.8.]. Doszłam do wniosku, że zróżnicowanie konstrukcji obór wynikające z przeprowadzonych modernizacji oraz wprowadzonych w ostatnich latach nowych rozwiązań konstrukcyjnych wymusza indywidualną analizę możliwości zacienienia obszarów bytowania bydła mlecznego [B.6.8., B.6.10.].

Nasłonecznienie obory jest jednym z czynników branych pod uwagę przy lokalizowaniu układu budynków na fermach bydła mlecznego. Sąsiednie budynki oddziałują na siebie poprzez redukcję nasłonecznienia oraz prędkości wiatru, co może być korzystne w zależności od pory roku. Redukcja nasłonecznienia w okresach letnich jest wskazana, ale brak optymalnego przewietrzania to zjawisko niekorzystne dla kształtowania mikroklimatu w oborze. Natomiast redukcja prędkości wiatru

w okresie zimowym jest zjawiskiem pozytywnym. Dlatego też stwierdziłam, że rozpoznanie warunków lokalizacyjnych na obszarze działki oraz sposobu jej świadomego zagospodarowania jest konieczne dla optymalnego wykorzystania oddziaływania wybranych parametrów środowiskowych na budynek obory [B.6.3.].

Podczas lata krowy mleczne są szczególnie narażone na stres cieplny, którego pierwsze symptomy widoczne są w zmianie zachowania a następnie w spadkach mleczności. Dlatego stwierdziłam, że konieczne jest określenie **wpływu czynników środowiskowych na zachowanie oraz produktyjność mleczną bydła**.

Na podstawie wykonanej analizy pomiarów wybranych parametrów powietrza stwierdziłam, że wielkości spadków oraz czas odbudowy wydajności mlecznej są zróżnicowane i zależne m.in. od etapu laktacji krów oraz długości trwania upałów. Zależności te są charakterystyczne dla poszczególnych okresów roku, jednak dokładne określenie wielkości związku pomiędzy środowiskowymi czynnikami stresowymi a spadkiem mleczności należy na bieżąco określać wraz z następującymi zmianami pogody [B.6.13.].

W oborach z głęboką ściółką, w których wrota otwarte są przez cały dzień, a krowy mają możliwość swobodnego wyjścia na pastwisko oraz wybranie dowolnego miejsca leżenia, określenie czynników stresowych jest utrudnione. Przeprowadzone przeze mnie analizy warunków cieplno-wilgotnościowych w tych typach obór wykazały, że warunki zewnętrzne oraz wewnętrzne są silnie skorelowane, a wielkości spadków mleczności nie są istotne statystycznie. Dodatkowo stwierdziłam, że rozkład temperatury ściółki zależał głównie od temperatury powietrza oraz obecności krów. Określiłam, że w czasie przebywania krów w oborze, punktowe zróżnicowanie temperatury ściółki było zbliżone do 10°C, natomiast kiedy opuszczały budynek, temperatura ściółki spadała oraz stabilizowała się [B.4.10.].

W przypadku obór z głęboką ściółką krowy zawsze mają możliwość położenia się na miękkiej ściółce. W przypadku obór wolnostanowiskowych, w których krowy poruszają się po betonowych posadzkach, zaburzenia czasu leżenia na legowiskach może skutkować schorzeniami, które są ciężkie do leczenia i bardzo bolesne dla krów np. kulawizny. Na podstawie analizy badań zaobserwowałam, że stres cieplny oraz ograniczenie w swobodzie wybierania legowisk wpływały na krótszy czas leżenia krów, zwłaszcza w godzinach dziennych. W nocy, kiedy w oborze panowały korzystne dla bydła warunki mikroklimatyczne, czas leżenia wzrastał [B.2.2.]. Stwierdziłam, że rozwiązaniem mogącym poprawić warunki bytowania krów w oborach są systemy zamgławiania lub paneli ewaporacyjnych, które w połączeniu w wentylacją tunelową korzystnie wpływają na warunki cieplno-wilgotnościowe obniżając ryzyko stresu cieplnego [B.2.4., B.4.7.]. Jednak, aby poprawnie zarządzać wymienionymi systemami, oprócz prawidłowego pomiaru czynników fizjologicznych np. temperatury ciała krów [B.2.5.], należy również zastosować optymalną metodę prognozowania ryzyka wystąpienia stresu cieplnego dla danego rodzaju utrzymania bydła mlecznego. W tym celu rozpoznałam powszechnie

stosowane metody do prognozowania oraz określania wielkości stresu cieplnego, których przegląd opisałam w renomowanym czasopiśmie *International Journal of Biometeorology* (IF 2,577) [B.2.3.].

Literatura

- Camiloti T.V., Fregonesi J.A., von Keyserlingk M.A.G., Weary D.M. 2012. Effects of bedding quality on the lying behavior of dairy calves. *J. Dairy Sci.* 95: 3380–3383.
- Cook N.B., Bennett T.B., Nordlund K.V. 2005. Monitoring indices of cow comfort in free-stall-housed dairy herds. *J. Dairy Sci.* 88(11): 3876-3885.
- De Palo P., Tateo A., Zezza F., Corrente M., Centoducati P. 2006. Influence of Free-Stall Flooring on Comfort and Hygiene of Dairy Cows During Warm Climatic Conditions. *J. Dairy. Sci.* 89: 4583–4595.
- Janni K.A., Allen D.M. 2001. Thermal environmental conditions in curtain sided naturally ventilated dairy freestall barns. Pages 367-376 in *Proc. 6th Int. Symp. Livestock Environ.* Louisville, KY. ASAE, St. Joseph, Mich.
- Kaczor A., Paschma J., Olszewski A., Paraponiuk P. 2011. Wpływ rodzaju podłoża w boksach legowiskowych na komfort wypoczynku krów oraz poziom komórek somatycznych w mleku. *Rocz. Nauk. Zoot.*, T. 38, z. 2: 245–255.
- Kadzere C.T., Murphy M.R., Silanikove N., Maltz E. 2002. Heat stress in lactating dairy cows: a review. *Livest. Prod. Sci.* 77: 59–91.
- Mader T.L., Davis M.S., Brown-Brandl T. 2006. Environmental factors influencing heat stress in feedlot cattle. *J. Dairy. Sci.* 84: 712-719.
- Manninen E., de Passillé A.M., Rushen J., Noring M., Saloniemi H. 2002. Preferences of dairy cows kept in unheated buildings for different kind of cubicle flooring. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 75(4): 281-292.
- Peltonen-Sainio P., Jauhiainen L., Trnka M. 2010. Coincidence of variation in yield and climate in Europe. *Agric. Ecosyst. Environ.* 139: 483–489.
- Radoń J., Bieda W., Lendelova J., Pogran S. 2014. Computational model of heat exchange between dairy cow and bedding. *Comput. Electron. Agric.* 107: 29–37
- Schutz K.E., Rogers A.R., Cox N.R., Tucker C.B. 2009. Dairy cows prefer shade that offers greater protection against solar radiation in summer: Shade use, behaviour, and body temperature. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 116: 28–34.
- St. Pierre N.R., Cobanov B., Schnitkey G. 2003. Economic Losses from Heat Stress by US Livestock Industries. *J. Dairy. Sci.* 86 (E. Suppl.), E52-E77.
- Thom E.C. 1959. The discomfort index. *Weatherwise.* 12, 57–59.
- Trnka M., Olesen J.E., Kersebaums K.C., Skjelvag A.O., Eitzinger J., Seguin B., Peltonen - Sainio P., Rötter R., Iglesias A., Orlandini S., Dubrovský M., Hlavinka P., Balek J., Eckersten H., Cloppet E., Calanca P., Gobin A., Vučetić V., Nejedlik P., Kumar S., Lalic B., Mestre A., Rossi F., Kozyra J.,

- Alexandrov V., Semerádová D., Žalud Z. 2011. Agroclimatic conditions in Europe under climate change. *Glob. Change. Biol.* 17, 2298–2318.
- Tucker C.B., Weary D.M., Fraser D. 2003. Effects of Three Types of Free-Stall Surfaces on Preferences and Stall Usage by Dairy Cows. *J. Dairy. Sci.* 86, 521–529.
- van Gastelen S., Westerlaan B., Houwers D.J., van Eerdenburg F.J.C.M. 2011. A study on cow comfort and risk for lameness and mastitis in relation to different types of bedding materials. *J. Dairy Sci.* 94(10): 4878–4888
- West J.W. 2003. Effects of Heat-Stress on Production in Dairy Cattle. *J. Dairy. Sci.* 86: 2131-2144.
- West J.W., Mullinix B.G., Bernard J.K. 2003. Effects of Hot, Humid Weather on Milk Temperature, Dry Matter Intake and Milk Yield of Lactating Dairy Cows. *J. Dairy. Sci.* 86: 232-242.
- Zochowska M., Kingsbury A., Kobuszynska M. 2012. Renewable Energy and Bio-fuel Situation in Poland. *Global Agricultural Information Network.*


.....
dr inż. Sabina Angrecka