

TERMOFIZYCZNA CHARAKTERYSTYKA ŚRODOWISKA POWIETRZNEGO W POMIĘSZCZENIACH Z BASENAMI DO KONTROLOWANEGO CHOWU RYB

Henryk Żelazny

Akademia Techniczno-Humanistyczna w Bielsku-Białej

Streszczenie. Wilgoć jest jedną z najgroźniejszych przyczyn uszkodzeń budowli, sprzyja rozwojowi szkodliwych drobnoustrojów, a ponadto zwiększa straty ciepła, gdyż przewodnictwo cieplne powietrza wilgotnego jest około 15 razy większe niż suchego. Ocenę zawilgocenia obszaru powietrznego przeprowadzono w czterech pomieszczeniach z basenami do kontrolowanego chowu ryb. W okresie zimowym zmierzono miernikiem mikroklimatu temperaturę i wilgotność względną powietrza oraz prężność pary wodnej, a w sposób obliczeniowy określono wilgotność maksymalną, wilgotność bezwzględną i niedosyt fizyczny wilgotności. W badanych obiektach środowisko powietrzne cechowało się stosunkowo wysoką wilgotnością i bardzo dużym zróżnicowaniem wskaźników higrometrycznych, jednak bezwzględna zawartość pary wodnej w powietrzu nie przekraczała wartości notowanych przykładowo w tuczarniach trzody chlewnej. Zdecydowanie mniejszym zawilgoceniem charakteryzowały się pomieszczenia specjalnie wznoszone w celu prowadzenia kontrolowanego chowu ryb w porównaniu z obiektem fermowym, w którym tucz prowadzono w pomieszczeniu adaptowanym.

Słowa kluczowe: budynek fermowy, środowisko powietrzne, baseny, ryby

WSTĘP

Jednym z czynników oddziałujących na budowlę, pochodzących ze środowiska wewnętrznego jest wilgotność powietrza [Ściślewski 2005], czyli zawartość pary wodnej w powietrzu [Dobrzański i Kołacz 1996]. Wilgoć jest jedną z najgroźniejszych przyczyn uszkodzeń budynku, atakującą wszystkie jego konstrukcje i elementy [Thierry i Zaleski 1982]. W pomieszczeniach inwentarskich stymuluje procesy fizyczne, chemiczne i biologiczne [Łęcki 1986]. Powietrze wilgotne cechuje się około 15 razy większym przewodnictwem cieplnym niż powietrze suche, dlatego organizmy żywe przebywające w takich warunkach zmuszone są do zwiększonego oddawania ciepła w celu

Adres do korespondencji – Corresponding Author: Henryk Żelazny, Akademia Techniczno-Humanistyczna w Bielsku-Białej, Katedra Inżynierii Produkcji, ul. Willowa 2, 43-309 Bielsko-Biała, e-mail: hzelazny@wp.eu

ogrzania powietrza. Ponadto wilgotne powietrze ma także większą zdolność pochłaniania długich fal cieplnych i podczerwonych, co z kolei zwiększa oddawanie ciepła przez organizmy drogą promieniowania [Rokicki 1991]. Wilgoć, poza bezpośrednim szkodziwym oddziaływaniem, jest przyczyną powstawania innych negatywnych zjawisk – procesów erozyjnych i korozyjnych [Thierry i Zaleski 1982]. Na przykład proces kondensacji, czyli skraplania się pary wodnej na ścianach i sufitach, pociąga za sobą porażenie tych przegród przez grzyby pleśniowe [Zyska 1999], a rozwój drobnoustrojów, któremu sprzyja wysoka wilgotność powietrza, przyczynia się do przedwczesnego zniszczenia budynku [Rokicki 1991].

O ilości wilgoci w powietrzu w obiektach produkcyjnych decydują procesy technologiczne [Olifierowicz 1987]. Źródłem wilgoci w pomieszczeniu inwentarskim jest ewaporacja fizyczna (parowanie ze wszystkich mokrych powierzchni wewnętrznych pomieszczenia), ewaporacja fizjologiczna (nieustanny proces parowania z powłok zewnętrznych i dróg oddechowych organizmów żywych) oraz para wodna zawarta w powietrzu wentylacyjnym [Dobrzański i Kołacz 1996].

Wilgotność powietrza może być wyrażona następującymi wskaźnikami higrometrycznymi [Rokicki 1991, Dobrzański i Kołacz 1996]:

1) wilgotnością bezwzględną (bezwzględna zawartość pary wodnej w powietrzu wyrażona w $\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$),

2) aktualną prężnością pary wodnej (ciśnienie parcjalne, jakie wywiera para wodna w powietrzu, wyrażone w układzie SI w Pa, dawniej w mm Hg),

3) wilgotnością maksymalną (wilgotnością absolutną [Olifierowicz 1987]) albo maksymalną prężnością pary wodnej (maksymalna ilość pary wodnej, jaka musi się zmieścić w powietrzu przy danym ciśnieniu atmosferycznym i temperaturze, wyrażona odpowiednio w $\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ lub Pa),

4) wilgotnością względną (procentowy stosunek wilgotności bezwzględnej do maksymalnej – wskazuje na stopień wysycenia powietrza parą wodną),

5) niedosytem fizycznym wilgotności (różnica między wilgotnością maksymalną a wilgotnością bezwzględną powietrza w danej temperaturze, wyrażona w $\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ – wielkość ta mówi, ile jeszcze gramów pary wodnej może zmieścić się w 1 m^3 powietrza, aby osiągnąć stan nasycenia),

6) niedosytem fizjologicznym wilgotności (różnica między wilgotnością maksymalną w średniej temperaturze ciała zwierząt a wilgotnością bezwzględną – informuje o intensywności parowania organizmu i wyrażony jest w Pa),

7) punktem rosy (temperatura, przy której wilgotność aktualna jest równa maksymalnej).

Miarą rzeczywistej zawartości pary wodnej w powietrzu jest wilgotność bezwzględna [Olifierowicz 1987]. Określenie różnicy między wilgotnością maksymalną a wilgotnością bezwzględną powietrza w danej temperaturze (czyli ilości wody brakującej do nasycenia powietrza) jest bardzo ważne przy projektowaniu wentylacji pomieszczeń. Od wielkości niedosytu fizycznego w dużym stopniu zależy szybkość parowania i działanie osuszające powietrza (szybkość parowania jest proporcjonalna do niedosytu) [Rokicki 1991]. W praktyce jednak częściej określa się wilgotność w jednostkach względnych między innymi dlatego, że w pewnych warunkach jednakowy poziom wilgotności względnej wywiera przy różnych temperaturach powietrza podobne skutki, mimo różnej zawartości pary wodnej w 1 m^3 powietrza. Do takich zjawisk można zaliczyć widocz-

ność pary wodnej w powietrzu, osiadanie lub nieosiadanie jej na elementach budynku, wysychanie lub niewysychanie rozlanej wody itp. [Borowski 1971]. Wilgotność względna powietrza ma także decydujące znaczenie w odniesieniu do wpływu wilgotności na fizjologię człowieka. Ściśle zależne od nasycenia otaczającego powietrza jest wytwarzanie pary w błonach śluzowych organizmu ludzkiego i na powierzchni skóry. Człowiek wydziela ciepło na zewnątrz między innymi przez wytwarzanie pary wodnej. Jeżeli nasycenie powietrza otaczającego będzie całkowite, czyli wyniesie 100%, wówczas powietrze takie nie będzie przyjmować dalszych ilości pary wodnej i pot na powierzchni skóry nie będzie mógł parować [Kozierski 1971].

W pomieszczeniach, w których występuje wysoka temperatura i duża wilgotność względna powietrza, podstawowe znaczenie mają „czynniki wewnętrzne” i mogą one być główną przyczyną powstawania uszkodzeń w przegrodach zewnętrznych [Matkowski 2005]. W stosunku do elementów budynku znajdujących się poza częściami przyziemnymi najistotniejszym czynnikiem agresywnym jest środowisko gazowe charakteryzujące się właśnie podwyższoną wilgotnością względną powietrza oraz zawartością gazów NH_3 , H_2S , CO_2 (będących wynikiem przemiany metabolicznej) [Łęcki 1986].

Przytoczone przesłanki pozwalają sformułować hipotezę, że pomieszczenia do kontrolowanego chowu ryb w basenach z odparowującą wodą charakteryzują się podwyższoną wilgotnością, która ma istotne znaczenie w fizjologicznym wytwarzaniu pary przez człowieka oraz w trwałości obiektów fermowych.

Celem pracy była ocena stopnia zawilgocenia środowiska powietrznego w budynkach przeznaczonych do chowu ryb ciepłolubnych.

MATERIAŁ I METODY

Badania zawilgocenia obszaru powietrznego w pomieszczeniach z basenami do kontrolowanego chowu ryb oceniano:

- 1) w fermie suma w Bańskiej koło Zakopanego,
- 2) w fermie w Szczyrku,
- 3) w laboratorium znajdującym się na parterze budynku należącego do PAN w Gołyszu,
- 4) w laboratorium znajdującym się na pierwszym piętrze budynku należącego do PAN w Gołyszu.

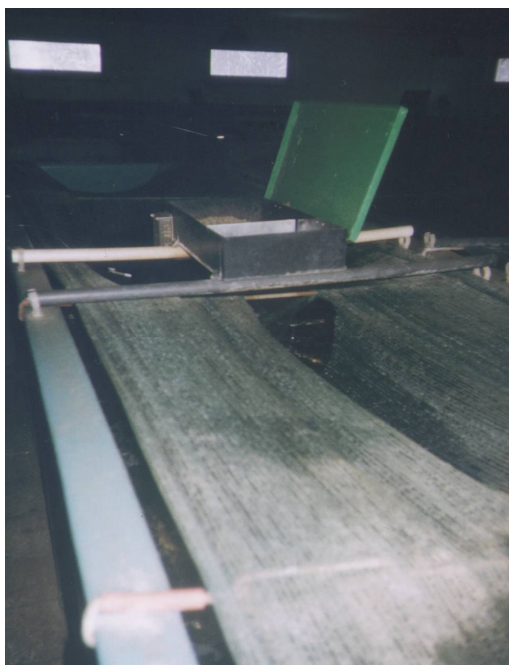
Budynek w Bańskiej był obiektem wzniesionym specjalnie do przemysłowej produkcji ryb. Jego widok na część przeznaczoną do tuczu zilustrowano na rysunku 1, a wnętrze z basenami zobrazowano na rysunku 2. W Szczyrku natomiast ferma została zaadaptowana w pomieszczeniu, które wcześniej pełniło inną funkcję.

Wilgotność powietrza określono w jednostkach wagowych i w jednostkach ciśnienia poprzez następujące wskaźniki higrometryczne [Rokicki 1991, Dobrzański i Kołacz 1996]:

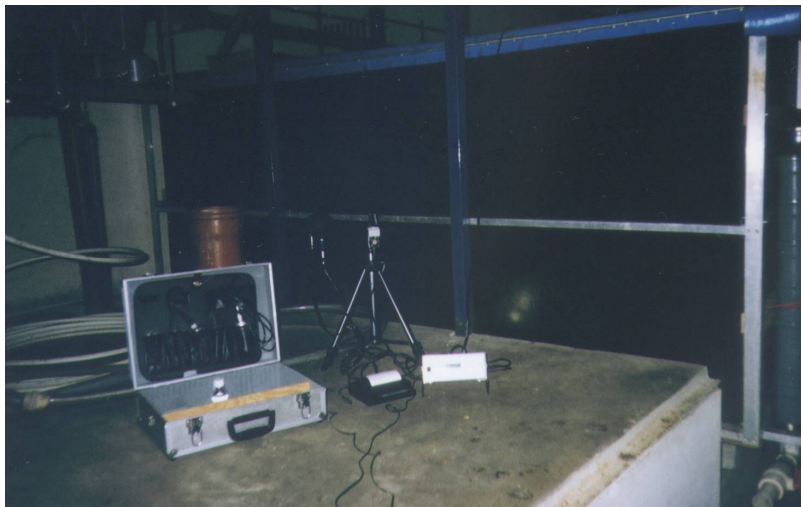
- wilgotność bezwzględna, inaczej aktualna (e),
- aktualna prężność pary wodnej (p),
- wilgotność maksymalna (E),
- wilgotność względna (f),
- niedosyt fizyczny wilgotności (Df).



Rys. 1. Zamknięty obiekt fermowy w Bańskiej do kontrolowanego chowu ryb ciepłolubnych
Fig. 1. The closed building for livestock in Bańska for the controlled warmwater fish's breeding



Rys. 2. Baseny ustawione w pomieszczeniu tuczu przemysłowego w Bańskiej
Fig. 2. Pools in the room for industrial fattening in Bańska



Rys. 3. Pomiar aktualnej prężności pary wodnej, wilgotności względnej oraz temperatury powietrza w pomieszczeniu fermowym w Szczyrku
 Fig. 3. Measurement of the current tension of water steam, the relative moisture and the air temperature in the building for livestock in Szczyrk

Aktualną prężność pary wodnej w badanych wnętrzach, wilgotność względną oraz temperaturę powietrza, niezbędną do wyznaczenia z tabel wilgotności maksymalnej (E), ustalono na podstawie badań instrumentalnych, które przeprowadzono w okresie zimowym między 11.02.2000 a 10.03.2000. Pomiary wykonano miernikiem mikroklimatu MM-01, składającym się z komputerowej jednostki centralnej i zespołu sond na statywie – rysunek 3. W każdym obiekcie wykonano w centralnym punkcie pomieszczenia na wysokości ok. 0,5 m od posadzki po 32 do 69 odczytów wartości ocenianych parametrów w ciągu jednej serii.

Wilgotność bezwzględną obliczono na podstawie zależności [Dobrzański i Kołacz 1996]

$$e = f \cdot E \cdot (100\%)^{-1}, \text{ g} \cdot \text{m}^{-3},$$

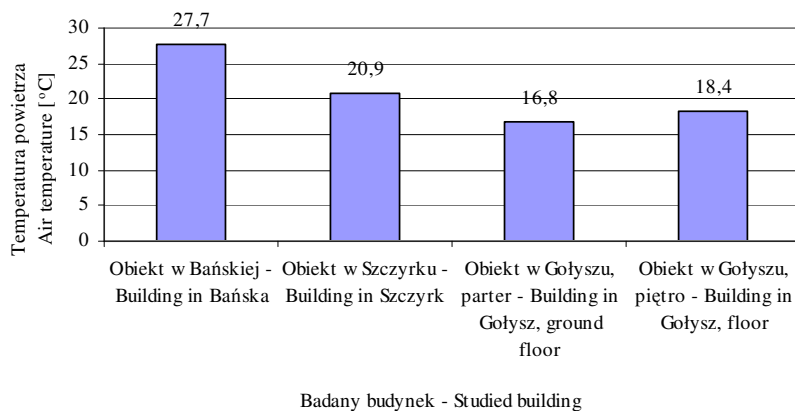
a niedosyt fizyczny wilgotności ze wzoru [Dobrzański i Kołacz 1996]

$$Df = E - e, \text{ g} \cdot \text{m}^{-3}.$$

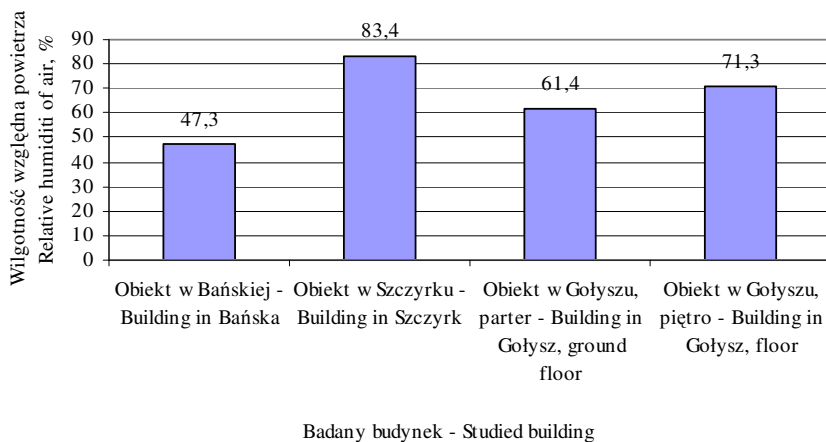
WYNIKI I DYSKUSJA

Na rysunku 4 przedstawiono pomierzone wartości temperatury powietrza, służące do wyznaczenia z tabel maksymalnej wilgotności powietrza dla poszczególnych pomieszczeń kontrolowanego chowu ryb ciepłolubnych. Z kolei na rysunku 5 zobrazowano kształtowanie się wilgotności względnej powietrza, a zapisane z pola odczytowego

miernika wartości aktualnej prężności pary wodnej zamieszczono w formie wykresu na rysunku 6. Wyniki badań instrumentalnych wskazują na dość znaczne zróżnicowanie tych trzech parametrów w zamkniętych obiektach fermowych.



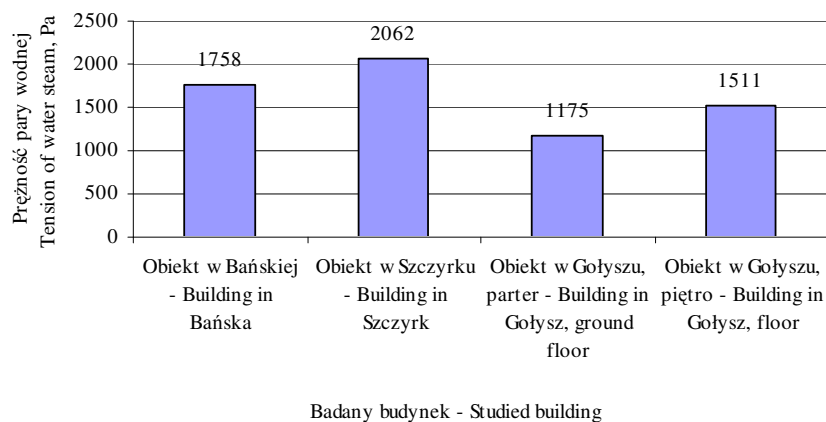
Rys. 4. Temperatura powietrza w badanych pomieszczeniach kontrolowanego chowu ryb
Fig. 4 Air temperature in the studied rooms for the controlled fish's breeding



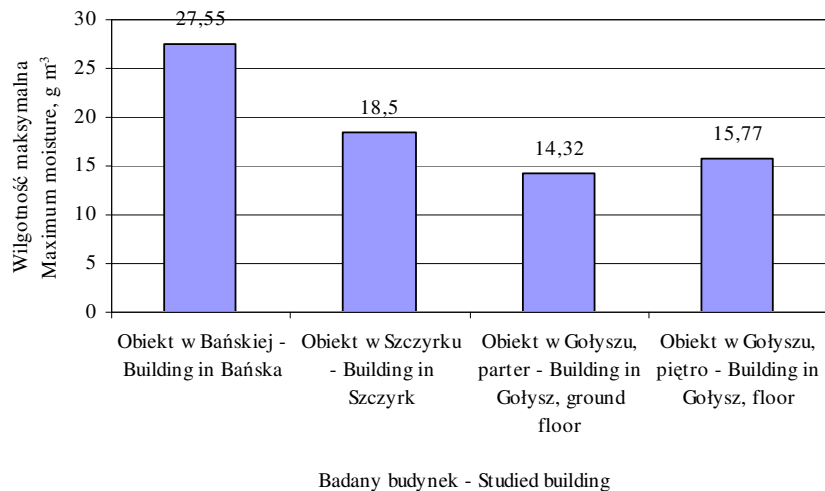
Rys. 5. Wilgotność względna w badanych pomieszczeniach kontrolowanego chowu ryb
Fig. 5. Relative humidity of air in the studied rooms for the controlled fish's breeding

W celu obliczenia wilgotności bezwzględnej powietrza określono wilgotność maksymalną, jaka musi się zmieścić w powietrzu przy danej jego temperaturze, a jej kształtowanie się przedstawiono na rysunku 7. Na rysunku 8 odzwierciedlono obliczone war-

tości wilgotności bezwzględnej powietrza, natomiast na rysunku 9 wartości niedosytu fizycznego wilgotności w badanych pomieszczeniach.

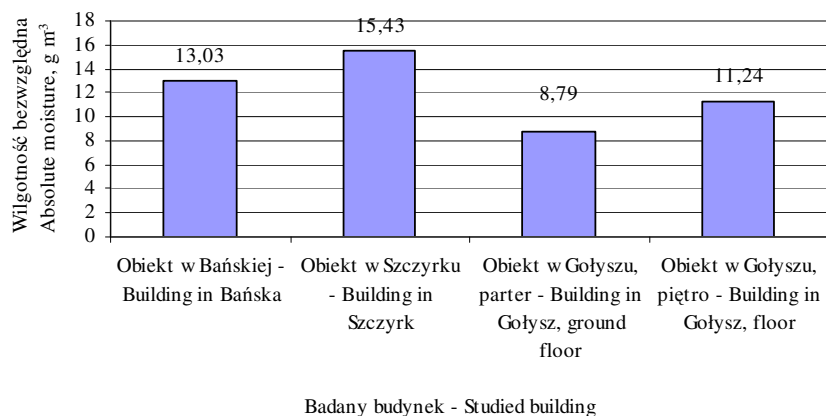


Rys. 6. Prężność pary wodnej w badanych pomieszczeniach kontrolowanego chowu ryb
 Fig. 6. The tension of water steam in the studied rooms for the controlled fish's breeding



Rys. 7. Wilgotność maksymalna, jaką może być wysycone powietrze w badanych pomieszczeniach kontrolowanego chowu ryb dla zanotowanej w nich temperatury powietrza
 Fig. 7. The maximum moisture of the saturated air in studied rooms for the controlled fish's breeding for the measured air temperature

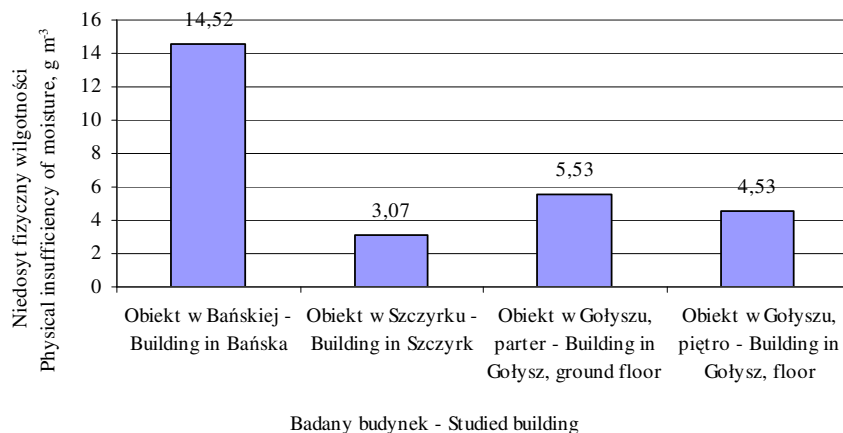
Jak wynika z pomierzonych wartości temperatury powietrza (rys. 4), powietrze w badanych pomieszczeniach, przeznaczonych do kontrolowanego chowu ryb, charakteryzowało się różnym stopniem nagrzania, a różnicowanie przewyższało nawet 10°C. Zatem porównanie zawilgocenia poszczególnych wnętrz tylko na podstawie wilgotności względnej powietrza (rys. 5) w takich warunkach nie będzie miarodajne. Analiza kształtowania się samej wilgotności względnej powietrza pozwala jednak na ocenę możliwości kondensowania się pary wodnej na chłodniejszych powierzchniach w tych pomieszczeniach. Proces ten jest nieunikniony w obiekcie fermowym w Szczyrku, gdzie średnia wilgotność względna powietrza wynosiła aż 83,4%, a zjawisko skraplania się pary wodnej na belkach stropowych było wyraźnie zauważalne podczas prowadzenia pomiarów instrumentalnych. Ponadto wysoka wilgotność względna powietrza niewątpliwie sprzyjać będzie rozwojowi szkodliwych mikroorganizmów w tym pomieszczeniu. Obciążenie biologiczne namnażanymi szkodliwymi drobnoustrojami może także występować w pomieszczeniu zlokalizowanym na piętrze budynku laboratoryjnego w Gołysz, gdyż wilgotność względna powietrza przekraczała 70%. Najkorzystniejsze warunki panowały w budynku w Bańskiej, który projektowany był od podstaw z myślą o przemysłowej produkcji ryb ciepłolubnych. Wilgotność względna nie przekraczała 50%, stąd warunki te nie należy uznać za szczególnie sprzyjające rozwojowi ustrojów chorobotwórczych, a przy jednocześnie wysokiej temperaturze powietrza w tym wnętrzu mało prawdopodobne wydaje się kondensowanie się pary wodnej na powierzchniach przegród.



Rys. 8. Wilgotność bezwzględna w badanych pomieszczeniach kontrolowanego chowu ryb
Fig. 8. Absolute moisture in the studied rooms for the controlled fish's breeding

W ocenie kształtowania się wilgotności maksymalnej powietrza, która jest ściśle uzależniona od jego temperatury i cechuje się podobnym zróżnicowaniem pomiędzy poszczególnymi pomieszczeniami (rys. 4 i 7), wartości tego higrometrycznego wskaźnika wskazują, że najwięcej pary wodnej jeszcze mógł wchłonąć obszar powietrzny

w budynku o najwyższej temperaturze powietrza, czyli w Bańskiej. W obiekcie tym istniało najmniejsze ryzyko skraplania się pary wodnej mimo zysków wilgoci z basenów dla ryb. Najgorsza sytuacja w tym względzie wystąpiła w pomieszczeniu na parterze zabudowań laboratoryjnych w Gołyszach, które jednocześnie charakteryzowało się najniższą temperaturą powietrza.



Rys. 9. Niedosyt fizyczny wilgotności w badanych pomieszczeniach kontrolowanego chowu ryb
Fig. 9. Physical insufficiency of moisture in the studied rooms for the controlled fish's breeding

Informację o rzeczywistej zawartości pary wodnej w powietrzu w badanych budynkach noszą prężność pary wodnej (rys. 6) oraz wilgotność bezwzględna powietrza (rys. 8). Wydaje się, że bardziej obrazowo o zawilgoceniu środowiska gazowego mówi ten drugi wskaźnik, bowiem wprost wskazuje, ile masy pary wodnej znajduje się w jednym metrze sześciennym powietrza. Mimo to z oceny jego wartości, podobnie jak w przypadku prężności pary wodnej, nie wypływają oczywiste wnioski o konsekwencjach natury fizjologicznej i technicznej zawilgocenia wnętrza. W przeciwieństwie do wcześniejszej oceny wskazującej na korzystne kształtowanie się mikroklimatu w zakresie temperatury i wilgotności względnej powietrza w obiekcie w Bańskiej, ferma ta cechowała się znaczną zawartością pary wodnej w powietrzu (wilgotnością bezwzględną), bo równą $13,03 \text{ g}\cdot\text{m}^{-3}$, czyli nieco tylko mniejszą niż w Szczyrku, gdzie wyniosła ona aż $15,43 \text{ g}\cdot\text{m}^{-3}$. Wartości te w zasadzie nie przekraczają wyników uzyskiwanych przez badaczy w różnych pomieszczeniach dla zwierząt gospodarskich, czyli $15 \text{ g}\cdot\text{m}^{-3}$ [Dobrzański i Kołacz 1996], a według badań własnych autora w tuczarni trzody chlewnej wskaźnik ten kształtował się w ciągu roku w granicach $9,26$ do $17,79 \text{ g}\cdot\text{m}^{-3}$. Z kolei najmniejsza ilość wilgoci (najniższa wartość wilgotności bezwzględnej) zgromadzona była w powietrzu pomieszczenia na parterze obiektu laboratoryjnego w Gołyszach. Z drugiej strony powietrze to było najbliższe stanu nasycenia, o czym świadczy niewielka wartość wilgotności maksymalnej (rys. 7), stąd najmniej pary wodnej mogło ono jeszcze wchłonąć przy dalszym procesie odparowywania wody z basenów.

Największym niedosytem fizycznym wilgotności charakteryzowała się Ferma w Bańskiej. Fakt ten świadczy o dużej zdolności do parowania wody w basenach, co wiązać się będzie z jej niepożądanym ubytkiem w zamkniętym obiegu cyrkulacji. Natomiast intensywność tego zjawiska będzie najmniejsza w obiekcie w Szczyrku, gdzie zanotowano najniższą wartość niedosytu fizycznego wilgotności.

WNIOSKI

Na podstawie przeprowadzonych badań zawilgocenia środowiska powietrznego w budynkach przeznaczonych do kontrolowanego chowu ryb sformułowano następujące stwierdzenia i wnioski:

1. Zamknięte obiekty z basenami na ryby ciepłolubne charakteryzują się dużym zróżnicowaniem zawilgocenia obszaru powietrznego.
2. Wilgotność bezwzględna powietrza w badanych wnętrzach różniła się nawet dwukrotnie, jednak nie przekraczała wartości notowanych w pomieszczeniach inwentarskich.
3. Wilgotność względna powietrza w niektórych pomieszczeniach fermowych przekraczała 70%, w związku z tym mogła sprzyjać rozwojowi szkodliwych drobnoustrojów, a w budynku w Szczyrku była przyczyną kondensowania się pary wodnej na wewnętrznych powierzchniach przegród.
4. W zabudowaniach w Bańskiej ze środowiskiem wewnętrznym o najniższej wilgotności względnej powietrza – czyli o najkorzystniejszych warunkach w odniesieniu do fizjologii pracowników, obciążenia mikrobiologicznego oraz trwałości konstrukcji – kształtowanie się niedosytu fizycznego wilgotności wskazywało na duże możliwości parowania, które powoduje ubytki wody z basenów.

PIŚMIENNICTWO

- Borowski W., 1971. Zoohigieniczne założenia projektowania pomieszczeń inwentarskich. PWRiL, Warszawa.
- Dobrzański Z., Kołacz R., 1996. Przewodnik do ćwiczeń z zoohigieny. Wyd. AR, Wrocław.
- Kozierski J., 1971. Zagadnienia fizykalne w budownictwie i instalacjach. PWN, Warszawa.
- Łęcki W., 1986. Korozja i ochrona przed korozją budowli rolniczych. PWRiL, Poznań.
- Matkowski Z., 2005. Problemy związane z wykonywaniem dachów nad pomieszczeniami o dużej wilgotności względnej powietrza na przykładzie basenu o konstrukcji drewnianej. [w:] Budownictwo ogólne. Zagadnienia konstrukcyjne, materiałowe i ciepłno-wilgotnościowe w budownictwie. Wyd. Uczelniane ATR, Bydgoszcz.
- Olifierowicz J., 1987. Zagadnienia ciepłno-wilgotnościowe przegród budowlanych. [w:] Żenczykowski W. (red.) Budownictwo ogólne T.3/1 Problemy fizyki budowli i izolacje. Arkady, Warszawa.
- Rokicki E., 1991. Środowisko zwierząt. [w:] Barej W. (red.). Środowisko a zdrowie i produktywność zwierząt. PWRiL, Warszawa.
- Ścisłowski Z., 2005. Trwałość i ochrona przed korozją. [W:] Klemm P. (red.). Budownictwo ogólne. Tom 2. Fizyka budowli. Arkady, Warszawa.
- Thierry J., Zaleski S., 1982. Remonty budynków i wzmacnianie konstrukcji, Arkady, Warszawa.
- Zyska B., 1999. Zagrożenia biologiczne w budynku. Arkady, Warszawa.

THERMO-PHYSICAL CHARACTERISTIC OF AERIAL ENVIRONMENT IN ROOMS WITH POOLS FOR THE CONTROLLED FISH'S BREEDING

Abstract. The moisture is one of the most dangerous causes of building damages. It favours developmental of harmful micro-organisms, and moreover it enlarges the loss of warmth, because heat conduction of the moist air is by about 15 larger higher than dry air. The assessment of the moisture of aerial area was conducted in four rooms with pools for the controlled fish's breeding. In winter period there were measured, by the measure of microclimate, the temperature and relative moisture of air and also the tension of water steam. In computational way there were determined maximum moisture, absolute moisture and physical insufficiency of moisture. Studied objects marked by comparatively high moisture of aerial environment and very large differentiation of hygrometrical coefficients, however the absolute content of water steam in air did not cross the value noted in farms. With smaller moisture there were characterized special rooms for the controlled fish's breeding in comparison with buildings for livestock, in which fatten was realized in adapted room.

Key words: building for livestock, aerial environment, pools, fishes

Zaakceptowano do druku – Accepted for print: 5.12.2006