

The quality of eggs and hatching rates of african ostriches (*Struthio camelus*) depending on the breeder age

Summary

Studies were carried out in 2006–2008 in a private ostrich farm in Jaracz, the Wielkopolska Province. Experimental material consisted of the hatching eggs of Blue Neck ostriches (5 ♂ and 10 ♀) matched into breeding triplets (1♂ and 2♀♀). For three successive laying seasons, their laying performance, egg quality and chick hatchability were analysed. Also the thickness and porosity of post-hatch eggshells were examined, which were divided into three groups:

- I – shells of the eggs from which chicks hatched unaided,
- II – shells of the eggs from which chicks hatched with assistance during hatching,
- III – shells of the eggs with dead embryo after the 21st day of incubation.

An extension of the egg-laying period was observed together with the birds' age, which had an effect on the increase of laid eggs number.

Egg physical traits and morphological composition did not undergo significant changes in successive reproduction seasons. The age of layer ostriches affected egg chemical composition, with the eggs of older birds being characterised by higher total protein and ash contents both in egg yolk and albumen as well as fat content in egg yolk.

Total cholesterol content did not undergo significant changes during the three-year study period, whereas the profile of fatty acids being found in ostrich egg yolk lipids changed significantly. The content of oleic, linoleic and alfa-linolenic acids decreased, which had bearing on a low percentage of unsaturated fatty acids in the last year of study.

A linear increase of potassium, magnesium and phosphorus contents in egg yolk was observed, whereas sodium content changed irregularly being the highest in the third laying season. Egg yolks of the youngest birds were most manganese, iron, zinc, selenium and silicon rich. The level of magnesium, potassium, iron, zinc and silicon in albumen decreased with the age of birds, whereas that of sodium, phosphorus, manganese and selenium increased. Higher accumulation of heavy metals (Pb, Cu and Cd) was found in the egg yolk and albumen of older birds.

The highest concentration of basic macro-elements building the eggshell, i.e. calcium and phosphorus, was found in the oldest birds. From among micro-elements, copper and silicon contents underwent a significant increase together with the age of layer ostriches, whereas that of iron, zinc and selenium decreased.

When analysing the reproductive ability of ostriches, an improvement in fertilisation rate was observed with the age of birds since the percentage of fertilised eggs in the second reproduction season was 86.25%, while in the fourth one increased to 91.25%.

The lowest hatching rate for fertilised eggs (76.08%) and high embryo mortality (23.19%) was observed in the second laying season. In successive reproductive seasons, the hatchability improved significantly, respectively by 11.62 and 13.62 percentage points, due to decrease of dead embryo

percentage. Also the percentage of chicks which received assistance during hatching decreased with the age of birds.

When analysing the embryo mortality curve in three successive reproductive seasons, two embryonic death peaks were distinguished – the first one to day 7, whereas the second one in the last week on incubation.

When evaluating the quality of post-hatch eggshells, it was found that the thickest eggshells (1.94–2.06 mm) were typical of the eggs in which embryos died after day 21 of incubation. The eggs from which chicks hatched unaided were characterised by higher porosity, with statistically significant differences between the analysed groups being observed in the 2nd and the 4th laying season.

Eierqualität und Schlupfraten der afrikanischen Strausse (*Struthio camelus*) in Abhängigkeit vom Alter der Vögel

Zusammenfassung

Die Untersuchungen wurden im Zeitraum 2006–2008 auf einer privaten Straußenfarm in Jaracz (Woiwodschaft Wielkopolskie) durchgeführt. Das Versuchsmaterial stellten Bruteier der blauhalsigen afrikanischen Strauße dar (5 ♂ und 10 ♀), die in Zuchtdreier (1♂ und 2♀♀) zusammengestellt wurden. Während der 3 nacheinander folgenden Reproduktionssaisons wurden die Legeleistung, Eierqualität und Schlupfleistung der Küken bewertet. Es wurden auch die Dicke und Porosität der Schalen nach dem Schlüpfen analysiert, die in drei Gruppen eingeteilt wurden:

- I – Eierschalen aus welchen Küken selbständig gechlüpft sind
- II – Eierschalen aus welchen Küken geschlüpft sind, die eine Hilfe während des Schlüpfens aus dem Ei benötigten,
- III – Eierschalen mit Embryonen, die nach dem 21. Tag der Inkubation gestorben sind.

Mit dem wachsenden Alter der Vögel verzeichnete man eine Verlängerung der Legeperiode, welches die Erhöhung der Anzahl von gelegten Eiern zur Folge hatte.

Die physikalischen Eigenschaften und morphologische Zusammensetzung der Eier unterlagen keinen wesentlichen Änderungen in nachfolgenden Reproduktionssaisons. Das Alter der Legehennen hatte einen Einfluss auf chemische Zusammensetzung der Eier. Die Eier der älteren Vögel hatten einen höheren Gehalt an Gesamteiweiß und Asche und dies sowohl im Eigelb als auch im Eiweiß und an Fett im Eigelb.

Der Gehalt an Gesamtcholesterin unterlag während der dreijährigen Untersuchungsperiode keinen wesentlichen Änderungen, dagegen das Profil von Fettsäuren, die in Lipiden des Straußeneigelbs auftreten, änderte sich im wesentlichen Maße. Die Gehalte an Ölsäure, Linolsäure und Alpha-Linolsäure nahmen ab, was einen Einfluss auf niedrigen prozentuellen Anteil von ungesättigten Säuren im letzten Untersuchungsjahr hatte.

Es wurde ein linearer Anstieg des Kalium-, Magnesium- und Phosphorgehalts im Eigelb verzeichnet, dagegen der Natriumgehalt änderte sich unregelmässig und hatte den größten Wert in der dritten Legesaison. Der Mangan-, Eisen-, Zink-, Selen- und Siliziumreichtum war im Eigelb der jüngeren Vögel am größten. Mit dem zunehmenden Alter der Vögel nahm die Magnesium-, Kalium-, Eisen-, Zink- und Siliziummenge im Eiweiß ab und erhöhte sich die Menge von Natrium, Phosphor, Mangan und Selen. Eine größere Akkummulierung von Schwermetallen (Pb, Cu und Cd) stellte man im Eigelb und Eiweiß der älteren Vögel fest.

Die größte Konzentration der für den Aufbau der Eierschale grundlegenden Makroelemente – Calcium und Phosphor – wurde bei älteren Vögeln festgestellt. Unter den Mikroelementen erhöhte sich mit dem zunehmenden Alter von Legehennen der Gehalt an Kupfer und Silizium im wesentlichen Maße, der Gehalt an Eisen, Zink und Selen nahm dagegen ab.

Im Ergebnis der Analyse der Zeugungsfähigkeit von Straußen stellte man eine Verbesserung der Befruchtung mit dem wachsenden Alter der Vögel fest, weil im zweiten Reproduktionsjahr betrug die Rate von befruchteten Eiern 86,25% und nahm im vierten Jahr auf 91,25% zu.

Die niedrigste Schlupfrate aus befruchteten Eiern (76,08%) als auch eine hohe Sterblichkeit von Embryonen (23,19%) stellte man in der 2. Legesaison fest. Während der nachfolgenden Fortpflanzungsaisons verbesserte sich aufgrund einer geringeren Sterblichkeit von Embryonen die Schlupfrate beträchtlich – entsprechend um 11,62 und 13,65 Prozent. Mit dem wachsenden Alter der Vögel verringerte sich auch die Rate der Küken, die eine Hilfe während des Schlüpfens aus dem Ei bekamen.

Infolge der Analyse der Sterblichkeitskurve von Embryonen in 3 hintereinander folgenden Fortpflanzungsaisons wurden zwei Spitzenzeiten des Absterbens festgestellt – die erste bis zum 7. Tag und die zweite in der letzten Inkubationswoche.

Infolge der Analyse der Schalenqualität stellte man fest, dass die dickste Schale (1,94-2,06 mm) Eier hatten, in denen Embryonen nach dem 21. Tag der Inkubation starben. Eier, aus denen Küken selbständig geschlüpft sind kennzeichneten sich durch eine höhere Porosität, wobei statistisch wesentliche Unterschiede zwischen den analysierten Schalengruppen verzeichnete man in der 2. und 4. Legesaison.

4. Wyniki i dyskusja

4.1. Użytkowość nieśna

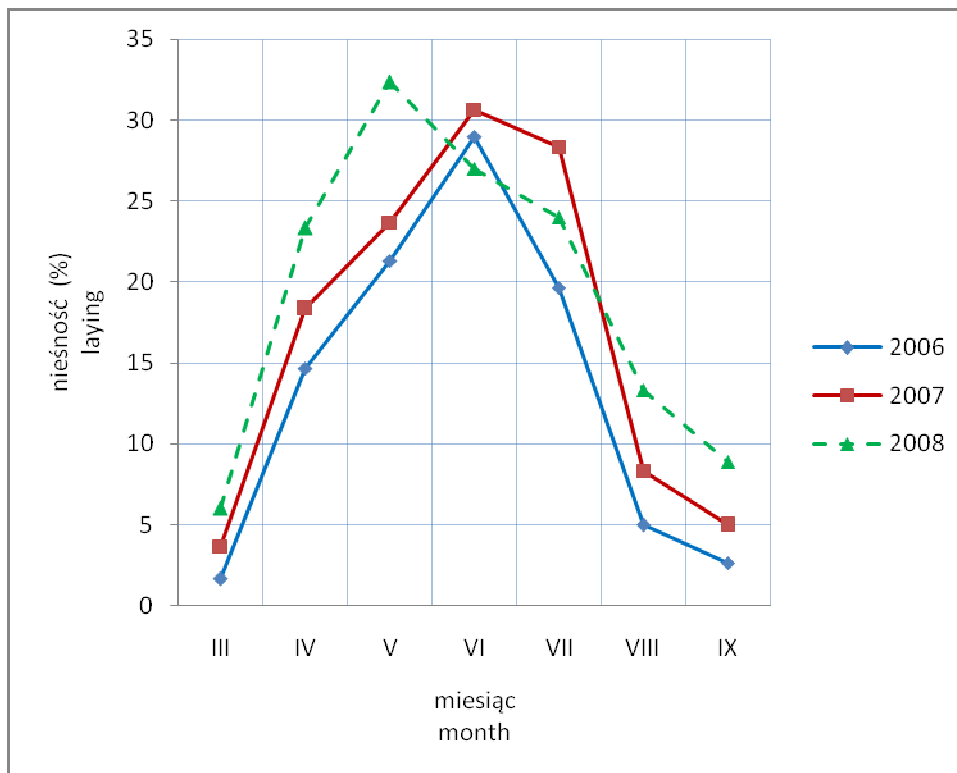
W 3 analizowanych sezonach rozrodczych strusice rozpoczynały nieśność w marcu, a kończyły we wrześniu. Wraz z wiekiem ptaków stwierdzono wydłużanie się okresu nieśności, co wpłynęło na zwiększenie liczby zniesionych jaj. W 2. sezonie reprodukcyjnym nieśność trwała 166 dni, a w 3. i 4. dłużej o, odpowiednio, 11 i 32 dni (tabela 4). W badaniach Horbańczuka (2000) średnia długość okresu nieśności strusi w ciągu 3 kolejnych lat użytkowania zwiększyła się o 46 dni. Podobną tendencję w stadzie strusi afrykańskich czarnych utrzymywanych w Turcji odnotowali Ipek i Sahan (2004). Pięcioletnie strusie afrykańskie niebieskoszyje z ferm włoskich niosły przez 126 dni, a 6- i 7-letnie – przez 140 dni (Zoccarato i in., 2004).

Tabela 4. Użytkowość nieśna strusi w kolejnych sezonach reprodukcyjnych
Table 4. Laying performance of ostriches in successive laying seasons

Wyszczególnienie Item	Sezon nieśności/ rok życia ptaków Laying season/ bird age		
	2/3	3/4	4/5
Początek sezonu nieśności* – The beginning of the laying season	24.03.2006 r.	18.03.2007 r.	11.03.2008 r.
Koniec sezonu nieśności** – The end of the laying season	08.09.2006 r.	15.09.2007 r.	29.09.2008 r.
Długość okresu nieśności (dni) – Length of laying period (days)	166	177	198
Liczba jaj zniesionych ogółem (szt.) – Total number of eggs laid (pcs)	282	354	403
Liczba jaj od nioski w sezonie (szt.) – Number of eggs laid per female per season (pcs)	28,2	35,4	40,3
* Dzień zniesienia 1. jaja w stadzie – the day when flock layed the first egg.			
** Dzień zniesienia ostatniego jaja w stadzie – the day when flock layed the last egg.			

Średnia liczba jaj pozyskanych od nioski zwiększała się w kolejnych sezonach rozrodczych. W 2. sezonie nieśności na jedną strusicę przypadało 28 jaj, a w 4. – 40. Nieco większą nieśność w stadzie strusi utrzymywanych w Polsce odnotował Horbańczuk (2000). W cytowanych badaniach od niosek 3-letnich pozyskano średnio 37 jaj, a od 5-letnich – 44. Jak donoszą Ipek i Sahan (2004), nieśność strusi afrykańskich czarnych w ciągu pierwszych 5 lat użytkowania zwiększyła się z 25 do 57 jaj od samicy. Strusie afrykańskie czarne z ferm włoskich znoszą średnio po 50 jaj rocznie (Corvini, 1996), a z ferm afrykańskich ponad 60, co wynika z odmiennych warunków klimatycznych. Dzoma i Motshegwa (2009) na fermach strusich w Botswanie pozyskali mniejszą liczbę jaj (43) od nioski.

Krzywe nieśności dotyczące 2. i 3. sezonu nieśności miały podobny przebieg, a szczyt nieśności przypadał na czerwiec. Natomiast w 4. sezonie reprodukcyjnym ptaki osiągnęły szczyt produkcji o miesiąc wcześniej (rys. 1).



Rys. 1. Krzywa nieśności strusi w kolejnych sezonach reprodukcyjnych
Ryc. 1. Ostrich laying curve in successive laying seasons

W analizowanych sezonach rozrodczych wysoka nieśność utrzymywała się przez 3 kolejne miesiące (maj, czerwiec i lipiec), natomiast w sierpniu, wraz ze skróceniem dnia świetlnego, wyraźnie spadała. Zbliżony przebieg nieśności u strusi odnotowali Horbańczuk (2003), Ipek i Sahan (2004) oraz Zoccarato i in. (2004).

4.2. Jakość jaj

Średnia masa jaj w badaniach własnych wynosiła 1515,5 g i była zbliżona do wyników uzyskanych wcześniej w fermach krajowych (Majewska i in., 2005; Wiercińska, 2009) i zagranicznych (Reiner i in., 1995; Corvini, 1996; Rizzi i in., 2002; Di Meo i in., 2003; Essa i Cloete, 2004). Horbańczuk i Sales (2001) twierdzą, iż w 2. sezonie nieśności masa jaj tego gatunku zbliżona jest do średniej i oscyluje w granicach 1500 g.

Masa ocenianych jaj zmieniała się wraz z wiekiem strusi (tabela 5), jednak nie były to różnice statystycznie istotne. Najlżejsze jaja (1498,4 g) znosiły najmłodsze samice. Natomiast jaja pozyskane od starszych samic (w 3. i 4. sezonie nieśności) były cięższe o, odpowiednio, 28,9 i 22,6 g.

Tabela 5. Cechy fizyczne jaj strusich w kolejnych sezonach nieśności ($\bar{x} \pm SD$)Table 5. Physical traits of ostrich eggs in successive laying seasons ($\bar{x} \pm SD$)

Wyszczególnienie Item	Sezon nieśności/ rok życia ptaków Laying season/ bird age			Średnia Average value (n = 120)
	2/3 (n = 40)	3/4 (n = 40)	4/5 (n = 40)	
Masa jaja (g) – Egg weight	1498,40 ± 76,90	1527,30 ± 62,10	1521,00 ± 73,80	1515,50 ± 71,70
Indeks kształtu (%) – Shape index	84,75 ± 2,64	84,11 ± 2,67	84,00 ± 2,26	84,29 ± 2,53
Indeks żółtka – Yolk index	0,24 ± 0,02	0,24 ± 0,03	0,25 ± 0,03	0,24 ± 0,03
pH żółtka – Yolk pH	6,33 ± 0,32	6,24 ± 0,29	6,36 ± 0,28	6,31 ± 0,30
Indeks białka – Albumen index	0,062 ^A ± 0,011	0,065 ^a ± 0,009	0,07 ^{Aa} ± 0,009	0,066 ± 0,01
pH białka – Albumen pH	8,44 ± 0,31	8,37 ± 0,23	8,45 ± 0,32	8,42 ± 0,29
Grubość skorupy z błonami (mm) – Shell thickness with membranes:				
koniec tępy – blunt end	1,95 ± 0,11	1,94 ± 0,08	1,91 ± 0,11	1,93 ± 0,10
część równikowa – equatorial part	1,93 ^a ± 0,10	1,91 ± 0,07	1,88 ^a ± 0,11	1,91 ± 0,09
koniec ostry – sharp end	1,96 ± 0,12	1,95 ± 0,08	1,93 ± 0,12	1,95 ± 0,11

Średnie w wierszach oznaczone tymi samymi literami różnią się istotnie (A – P ≤ 0,01; a – P ≤ 0,05) – Means in the rows marked with the same letters differ significantly (A – P ≤ 0.01; a – P ≤ 0.05).

Horbańczuk (2000), kontrolując użytkowość tych ptaków przez 3 sezony nieśności, podał, iż masa jaj pozyskanych od strusi 3-, 4- i 5-letnich zmieniała się w niewielkim zakresie i wynosiła, odpowiednio, 1629, 1641 i 1645 g. W badaniach Horbańczuka i Salesa (2001) masa jaj strusi niebieskoszyich uległa stabilizacji po 1. roku produkcji, natomiast czerwonoszyich rosła wraz z wiekiem. Nieco inne wyniki uzyskali Zoccarato i in. (2004), prowadząc badania na 5-, 6- i 7-letnich strusiach niebieskoszyich na jednej z ferm włoskich. Cytowani autorzy stwierdzili istotne zmiany masy jaj wraz z wiekiem ptaków, bowiem najlżejsze jaja znosiły najmłodsze strusice. Nie odnotowano natomiast różnic w wielkości tego wskaźnika u samic 6- i 7-letnich. Z kolei Bunter i in. (2001) twierdzą, iż masa jaj osiąga szczyt w 4.–5. roku życia strusi, a następnie stopniowo maleje.

W badaniach prowadzonych na emu – gatunku, który może być również użytkowany przez wiele lat – udowodniono zwiększanie się masy jaj wraz z wiekiem ptaków i stopniową stabilizację tego parametru po 2 pierwszych latach nieśności (Szczurbińska, 2002). Potwierdzeniem są późniejsze badania Majewskiej i in. (2008), którzy nie odnotowali zmian w masie jaj emu pomiędzy 6. a 8. sezonem nieśności. Puchajda i in. (2000), prowadząc badania na gęsiach, istotne zwiększenie masy jaj odnotowali w 2. roku użytkowania, a Tilki i Inal (2004) dopiero w 3. roku.

W 3 kolejnych sezonach reprodukcyjnych samice znosiły jaja o zbliżonym kształcie (tabela 5). Uzyskane wartości indeksu kształtu mieściły się w przedziale między 76 (Krumbiegel, 1966) a 85,5% (Jarvis i in., 1985b), uznanym za charakterystyczny dla tego gatunku.

Zdaniem Horbańczuka (2003), wysoki indeks kształtu cechuje jaja w 1. sezonie nieśności, natomiast w kolejnych ulega on obniżeniu o 2–3%. Elsayed (2009), oceniając jakość jaj strusi na fermach egipskich, wykazał, iż kształt jaj zmieniał się nieregularnie w czasie 10 miesięcy nieśności. Di Meo i in. (2003) uzyskali największą wartość indeksu kształtu (84,3–84,7%) pomiędzy 110. a 150. dniem nieśności strusi, najmniejszą zaś (81,2%) pod koniec sezonu reprodukcyjnego. Należy jednak podkreślić, iż kształt jaj jest cechą charakterystyczną noski i może podlegać zmianom w trakcie sezonu reprodukcyjnego, co potwierdzono również w przypadku jaj innych gatunków ptaków (Adamski, 2004; Kisiel i Książkiewicz, 2004).

Najwyższą jakością białka gęstego (indeks białka wynoszący 0,07), potwierdzoną analizą statystyczną, charakteryzowały się jaja pochodzące z 4. sezonu reprodukcyjnego (tabela 5). Podobną wartość indeksu białka uzyskała również Wiercińska (2009).

Indeks żółtka nie zmieniał się istotnie w kolejnych sezonach nieśności, aczkolwiek największą wartość (0,25) odnotowano w ostatnim roku badań. Elsayed (2009) uzyskał najniższą wartość indeksu żółtka (0,15–0,17) w pierwszych 2 (styczeń–luty) i ostatnich 3 (sierpień–październik) miesiącach nieśności strusi.

Kwasowość (pH) żółtka i białka, będąca wyznacznikiem świeżości jaja, wynosiła – odpowiednio – 6,31 i 8,42 i wartości te można uznać za prawidłowe. W dostępnym piśmiennictwie brakuje danych dotyczących tej cechy jaj strusich, toteż wyniki badań własnych można odnieść jedynie do jaj innych gatunków ptaków. Kokoszyński i in. (2007) donoszą, iż wraz z wiekiem kaczek pogorszeniu uległa jakość obu części składowych jaja, odnotowano bowiem istotne zwiększenie wartości pH zarówno białka, jak i żółtka. Jak wiadomo, zwiększanie się wartości pH białka powoduje jego rozrzedzenie, co przyczynia się do przyspieszenia starzenia się jaja i osłabienia mechanizmów odpornościowych. W badaniach Adamskiego (2004) nie wykazano istotnych zmian odczynu pH żółtka w czasie nieśności kaczek, a pH białka było największe w szczycie nieśności. Yildirim (2005), oceniając jakość jaj 10- i 40-tygodniowych przepiórek, nie stwierdził zmian odczynu pH białka i żółtka.

Grubość skorupy w badanym materiale wynosiła średnio 1,93 mm (tabela 5) i była zbliżona z danymi, które uzyskali wcześniej Brown i in. (1996), Superchi i in. (2002) oraz Sahan i in. (2003b). Niższą wartość tej cechy odnotowali Mushi i in. (2007) oraz Kefen i Jarvis (1984), odpowiednio, 1,65 i 1,83 mm. Natomiast w badaniach, które prowadzili Di Meo i in. (2003) oraz Wiercińska (2009), skorupy były grubsze o, odpowiednio, 0,25 i 0,2 mm aniżeli w materiale własnym. Skorupy ocenianych jaj wraz z wiekiem ptaków stawały się cieńsze, jednak statystycznie istotne różnice ($P \leq 0,05$) w ich grubości odnotowano jedynie w części równikowej (tabela 5). Piśmiennictwo nie przynosi wyczerpujących, możliwych do porównania danych dotyczących zmian grubości skorupy jaj strusi w kolejnych latach użytkowania. W eksperymencie Superchi i in. (2002) grubość skorupy na początku i końcu sezonu nieśnego wynosiła, odpowiednio, 2,02 i 1,82 mm. Natomiast Di Meo i in. (2003) oraz Elsayed (2009) odnotowali nieregularne zmiany wartości tej cechy podczas sezonu reprodukcyjnego. W publikacjach dotyczących innych gatunków ptaków przeważa pogląd, iż grubość skorupy maleje wraz z wiekiem niosek (Mazanowski i Adamski, 2002; Szczerbińska, 2002; Mangiagalli i in., 2003; Czaja i Gornowicz, 2006; Kokoszyński i in., 2007).

W tabeli 6 przedstawiono skład morfologiczny jaj strusich w kolejnych sezonach nieśności.

Tabela 6. Skład morfologiczny jaj strusich w kolejnych sezonach nieśności ($\bar{x} \pm SD$)

Table 6. Morphological composition of ostrich eggs in successive laying seasons ($\bar{x} \pm SD$)

Wyszczególnienie Item	Sezon nieśności/ rok życia ptaków Laying season/ bird age			Średnia Average value (n = 120)
	2/3 (n = 40)	3/4 (n = 40)	4/5 (n = 40)	
Masa jaj (g) – Egg weight	1498,42 ± 76,96	1527,30 ± 62,16	1521,05 ± 73,80	1515,59 ± 71,75
Białko (%) – Albumen	60,54 ± 2,33	61,37 ± 1,98	61,27 ± 1,78	61,06 ± 2,06
Żółtko (%) – Yolk	20,50 ± 2,14	20,06 ± 1,98	20,15 ± 1,93	20,24 ± 2,01
Skorupa z błonami (%) – Shell with membranes	18,96 ± 1,00	18,57 ± 0,60	18,58 ± 1,12	18,70 ± 0,97
Stosunek białka do żółtka – Ratio of white to yolk	3,00 : 1 ± 0,43	3,10 : 1 ± 0,41	3,08 : 1 ± 0,39	3,06 : 1 ± 0,41

Białko, żółtko i skorupa w badanych jajach stanowiły, odpowiednio, 61,06; 20,24 i 18,70% (tabela 6). Wyższy udział żółtka (23,3%) w masie jaja odnotowali Di Meo i in. (2003). Superchi i in. (2002) podali wyniki różniące się znacznie od uzyskanych w badaniach własnych. Cytowani autorzy, analizując jaja o masie 1443 g, stwierdzili mniejszy udział białka (55,2%), a większy żółtka (24,3%).

Uzyskane wyniki w najmniejszym stopniu różnią się od danych zaprezentowanych przez Reinera i in. (1995) oraz Wiercińską (2009). Pierwsi z wymienionych autorów, oceniając jaja o masie 1522 g, odnotowali duży udział białka (59,4%), a małą zawartość żółtka (20,9%) i skorupy (19,5%). Wiercińska (2009), analizując jaja o podobnej masie, uzyskała mniejszy udział białka (o 0,6 p.p.), a większy żółtka (o 1,46 p.p.) i skorupy (o 0,88 p.p.). Stwierdzone różnice między wynikami omawianego doświadczenia a rezultatami badań innych autorów mogą być konsekwencją różnego pochodzenia materiału hodowlanego.

Wiek niosek w analizowanym materiale nie spowodował istotnych zmian w składzie morfologicznym jaj. Superchi i in. (2002) oraz Di Meo i in. (2003), badając jakość jaj strusich w czasie sezonu nieśnego, stwierdzili zmniejszenie się procentowego udziału żółtka, a zwiększenie białka w masie jaja w końcowym okresie nieśności. Jak podaje Fahmy (2008), istotny wpływ na skład morfologiczny jaj strusich miała wartość pokarmowa mieszanki. Ptaki żywione paszą o wyższej koncentracji białka i energii znosiły jaja o większym udziale żółtka i białka, a mniejszym skorupy.

Analiza składu chemicznego treści jaj strusich wykazała małą zawartość białka ogólnego zarówno w białku, jak i żółtku, wynoszącą, odpowiednio, 7,99 i 15,57% (tabela 7).

Tabela 7. Skład chemiczny (%) jaj strusich w kolejnych sezonach nieśności ($\bar{x} \pm SD$)
 Table 7. Chemical composition (%) of ostrich eggs in successive laying season ($\bar{x} \pm SD$)

Wyszczególnienie Item	Sezon nieśności/ rok życia ptaków Laying season/ bird age			Średnia Average value (n = 120)
	2/3 (n = 40)	3/4 (n = 40)	4/5 (n = 40)	
Białko – Albumen:				
sucha masa – dry matter	11,35 ^a ± 0,63	11,66 ^{ab} ± 0,56	11,35 ^b ± 0,61	11,45 ± 0,61
białko ogólne – crude protein	7,78 ^{Aa} ± 0,54	8,17 ^A ± 0,40	8,02 ^a ± 0,50	7,99 ± 0,50
popiół – ash	0,68 ^A ± 0,03	0,69 ± 0,02	0,70 ^A ± 0,04	0,69 ± 0,03
Żółtko – Yolk:				
sucha masa – dry matter	53,80 ^A ± 0,75	53,82 ^B ± 0,77	53,28 ^{AB} ± 0,99	53,63 ± 0,89
białko ogólne – crude protein	15,52 ^A ± 0,46	15,41 ^B ± 0,46	15,76 ^{AB} ± 0,49	15,57 ± 0,48
tłuszcz – fat	33,03 ^A ± 1,29	33,38 ^a ± 1,30	34,13 ^{Aa} ± 1,56	33,53 ± 1,46
popiół – ash	1,65 ^a ± 0,13	1,73 ^a ± 0,18	1,68 ± 0,11	1,69 ± 0,15
Średnie w wierszach oznaczone tymi samymi literami różnią się istotnie (A, B – P ≤ 0,01; a, b – P ≤ 0,05) – Means in the rows marked with the same letters differ significantly (A, B – P ≤ 0.01; a, b – P ≤ 0.05).				

W porównaniu z badaniami własnymi Wiercińska (2009) otrzymała zbliżony (8,1%), natomiast Superchi i in. (2002) oraz Shahin i in. (2006) większy (o 1,6 p.p.) udział omawianego składnika w białku. Zawartość białka ogólnego w żółtku nie odbiegała znacząco od wyników uzyskanych przez wyżej wymienionych badaczy.

Lipidy we frakcji żółtka stanowiły średnio 33,53%, a Reiner i in. (1995) i Superchi i in. (2002) oraz Shahin i in. (2006) uzyskali wartości mniejsze, odpowiednio, 31,3; 29,6%.

Wyniki dotyczące składników popielnych w białku i żółtku różnią się od danych prezentowanych w literaturze. Wiercińska (2009) odnotowała niższy ich udział w obu częściach jaja (0,6% białko; 1,4% żółtko). Cytowani zaś wcześniej: Reiner i in. (1995), Superchi i in. (2002) oraz Shahin i in. (2006) uzyskali 0,9% popiołu w białku i 1,9–2,1% w żółtku.

Wiek niosek wpłynął istotnie ($P \leq 0,01$; $P \leq 0,05$) na skład chemiczny jaj. Jaja starszych ptaków charakteryzowała większa zawartość białka ogólnego i popiołu w obu częściach jaja, a także tłuszczu w żółtku (tabela 7). W ostatnim okresie badań zmniejszyła się natomiast zawartość suchej masy w żółtku.

W piśmiennictwie brakuje danych na temat składu chemicznego jaj tego gatunku ptaków podczas wieloletniego użytkowania. Jedynie Superchi i in. (2002), oceniając jakość jaj 4- i 5-letnich strusi w trakcie sezonu nieśnego, stwierdzili liniowy wzrost zawartości białka ogólnego w białku i tłuszczu w żółtku, a pozostałe składniki chemiczne ulegały nieregularnym zmianom. W podobnych badaniach, które na 5- i 6-letnich strusiach prowadzili Di Meo i in. (2003), istotne zmiany dotyczyły jedynie suchej masy, której zawartość pod koniec sezonu reprodukcyjnego w białku wzrosła (z 11,1 do 12,5%), w żółtku zaś obniżyła się (z 52,7 do 50,7%). Brand i in. (2003) wskazują na istotny wpływ wartości energetycznej mieszanki paszowej na zawartość suchej masy w żółtku jaj strusich.

W tabeli 8 przedstawiono zawartość cholesterolu ogólnego i profil kwasów tłuszczowych lipidów żółtka.

Tabela 8. Zawartość cholesterolu (mg/g) i kwasów tłuszczowych* (%) w lipidach żółtka jaj strusich w kolejnych sezonach nieśności ($\bar{x} \pm SD$)

Table 8. Cholesterol (mg/g) content and fatty acids profiles* (%) in the ostrich egg yolk lipids in successive laying seasons ($\bar{x} \pm SD$)

Wyszczególnienie Item	Sezon nieśności/ rok życia ptaków Laying season/ bird age			Średnia Average value (n = 120)
	2/3 (n = 40)	3/4 (n = 40)	4/5 (n = 40)	
Cholesterol całkowity – Total cholesterol	13,15 ± 1,07	12,85 ± 1,31	12,86 ± 1,23	12,95 ± 1,21
Kwasy tłuszczowe – Fatty acids:				
kaprylowy C8 : 0	0,0091 ^A ± 0,0007	0,0093 ^b ± 0,0004	0,0097 ^{bA} ± 0,0008	0,0094 ± 0,0007
kaprynowy C10 : 0	0,096 ^A ± 0,008	0,099 ^B ± 0,004	0,104 ^{AB} ± 0,010	0,100 ± 0,008
undekanowy C11 : 0	0,103 ^A ± 0,009	0,105 ^{Ab} ± 0,004	0,111 ^b ± 0,011	0,106 ± 0,009
laurynowy C12 : 0	0,17 ^A ± 0,01	0,18 ^B ± 0,008	0,19 ^{AB} ± 0,02	0,18 ± 0,016
tridekanowy C13 : 0	0,136 ^A ± 0,011	0,141 ^b ± 0,005	0,146 ^{Ab} ± 0,01	0,141 ± 0,012
mirystynowy C14 : 0	0,78 ^A ± 0,09	0,80 ^B ± 0,08	0,87 ^{AB} ± 0,11	0,82 ± 0,12
pentadekanowy C15 : 0	0,27 ^{AB} ± 0,02	0,32 ^A ± 0,02	0,32 ^B ± 0,04	0,30 ± 0,03
palmitynowy C16 : 0	29,41 ^A ± 1,35	29,4 ^B ± 1,53	32,14 ^{AB} ± 2,61	30,34 ± 2,31
heptadekanowy C17 : 0	0,37 ^{AB} ± 0,02	0,42 ^A ± 0,03	0,41 ^B ± 0,05	0,40 ± 0,04
stearynowy C18 : 0	3,23 ^A ± 0,62	3,26 ^B ± 0,45	3,89 ^{AB} ± 0,65	3,47 ± 0,65
arachidowy C20 : 0	0,30 ^A ± 0,03	0,31 ^B ± 0,01	0,33 ^{AB} ± 0,03	0,31 ± 0,03
heneikozanowy C21 : 0	0,25 ^A ± 0,02	0,26 ^b ± 0,01	0,27 ^{Ab} ± 0,03	0,26 ± 0,02
behenowy C22 : 0	0,35 ^A ± 0,03	0,36 ^B ± 0,01	0,38 ^{AB} ± 0,04	0,36 ± 0,03
trikozaenowy C23 : 0	0,27 ^A ± 0,02	0,28 ^B ± 0,01	0,29 ^{AB} ± 0,03	0,28 ± 0,02
lignocerynowy C24 : 0	0,46 ^A ± 0,04	0,47 ^B ± 0,02	0,50 ^{AB} ± 0,05	0,48 ± 0,04
mirystoleinowy C14 : 1 n5	0,22 ^A ± 0,02	0,22 ^B ± 0,01	0,24 ^{AB} ± 0,04	0,23 ± 0,03
palmitoleinowy C16 : 1 n7	7,52 ^A ± 0,97	6,80 ^{AB} ± 0,81	7,47 ^B ± 1,23	7,26 ± 1,06
heptadekaenowy C17 : 1	0,18 ^A ± 0,01	0,19 ^b ± 0,01	0,20 ^{Ab} ± 0,02	0,19 ± 0,01
elaidynowy C18 : 1 n9t	2,02 ^{AB} ± 0,39	2,15 ^{AC} ± 0,18	2,38 ^{BC} ± 0,41	2,18 ± 0,37
oleinowy C18 : 1n9c	29,62 ^a ± 1,60	29,56 ^b ± 1,37	28,56 ^{ab} ± 2,12	29,24 ± 1,78
eikozaeenowy C20 : 1	0,31 ^{AB} ± 0,03	0,33 ^A ± 0,02	0,33 ^B ± 0,03	0,32 ± 0,03
dokozaenowy C22 : 1 n9	0,20 ^A ± 0,02	0,21 ^B ± 0,01	0,22 ^{AB} ± 0,02	0,21 ± 0,02
nerwonowy C24 : 1 n9	0,30 ^A ± 0,02	0,31 ^B ± 0,01	0,33 ^{AB} ± 0,03	0,31 ± 0,02
linolowy C18 : 2n6c	16,24 ^A ± 1,62	18,18 ^{AB} ± 1,54	16,17 ^B ± 2,46	16,88 ± 2,13
γ-linolenowy C18 : 3 n6	0,29 ^{AB} ± 0,02	0,32 ^{Ac} ± 0,02	0,33 ^{Abc} ± 0,03	0,31 ± 0,03
α-linolenowy C18 : 3 n3	5,18 ^{AB} ± 0,70	4,09 ^{AC} ± 0,64	3,22 ^{BC} ± 0,81	4,11 ± 1,07
eikozadienowy C20 : 2 n6	0,28 ^{AB} ± 0,02	0,30 ^A ± 0,01	0,31 ^B ± 0,03	0,29 ± 0,03
eikozatrienowy C20 : 3 n6	0,155 ^A ± 0,013	0,159 ± 0,005	0,164 ^A ± 0,015	0,160 ± 0,012
eikozatrienowy C20 : 3 n3	0,25 ^A ± 0,02	0,26 ^B ± 0,01	0,27 ^{AB} ± 0,03	0,26 ± 0,02
arachidonowy C20 : 4 n6	0,62 ^A ± 0,06	0,63 ^B ± 0,04	0,67 ^{AB} ± 0,07	0,645 ± 0,06

Tabela 8. Zawartość cholesterolu (mg/g) i kwasów tłuszczowych* (%) w lipidach żółtka jaj strusich w kolejnych sezonach nieśności ($\bar{x} \pm SD$) (cd.)Table 8. Cholesterol (mg/g) content and fatty acids profiles* (%) in the ostrich egg yolk lipids in successive laying seasons ($\bar{x} \pm SD$) (continued)

Wyszczególnienie Item	Sezon nieśności/ rok życia ptaków Laying season/ bird age			Średnia Average value (n = 120)
	2/3 (n = 40)	3/4 (n = 40)	4/5 (n = 40)	
dokozadienowy C22 : 2 n6	0,14 ^A ± 0,01	0,14 ^B ± 0,01	0,15 ^{AB} ± 0,01	0,147 ± 0,01
eikozapentaenowy C20 : 5 n3	0,27 ^A ± 0,03	0,27 ^B ± 0,01	0,30 ^{AB} ± 0,05	0,28 ± 0,04
dokozahexaenowy C22 : 6 n3	0,35 ± 0,03	0,35 ± 0,01	0,36 ± 0,04	0,35 ± 0,03
Razem kwasy – Total fatty acids:				
nasycone – SFA	36,23 ^A ± 1,87	36,45 ^B ± 1,91	39,98 ^{AB} ± 3,22	37,59 ± 2,97
nienasycone – UFA	63,76 ^A ± 1,86	63,55 ^B ± 1,91	59,88 ^{AB} ± 3,48	62,36 ± 3,10
UFA : SFA	1,76 ^A ± 0,14	1,75 ^B ± 0,14	1,51 ^{AB} ± 0,20	1,67 ± 0,20
jednonienasycone – MUFA	39,96 ^{AB} ± 1,79	38,82 ^{AC} ± 1,73	37,90 ^{BC} ± 2,02	38,86 ± 2,02
wielonienasycone – PUFA	23,80 ^A ± 2,05	24,73 ^B ± 2,01	21,98 ^{AB} ± 2,83	23,50 ± 2,59
n3	6,06 ^{AB} ± 0,69	4,98 ^{AC} ± 0,62	4,17 ^{BC} ± 0,76	5,04 ± 1,03
n6	17,74 ^A ± 1,61	19,74 ^{AB} ± 1,55	17,80 ^B ± 2,43	18,45 ± 2,11
n6/n3	2,94 ^{AB} ± 0,32	4,00 ^{AC} ± 0,38	4,35 ^{BC} ± 0,71	3,80 ± 0,77

* W przeliczeniu na sumę kwasów tłuszczowych – Based on the sum of fatty acids.
Średnie w wierszach oznaczone tymi samymi literami różnią się istotnie (A, B, C – P ≤ 0,01; a, b, c – P ≤ 0,05) – Means in the rows marked with the same letters differ significantly (A, B, C – P ≤ 0,01; a, b, c – P ≤ 0,05).

Zawartość cholesterolu całkowitego wynosiła średnio 12,95 mg/g i nie podlegała istotnym zmianom w trakcie kolejnych sezonów nieśności (tabela 8). Horbańczuk i in. (1999b) uzyskali podobny udział omawianego steroidu w żółtkach jaj strusi czerwonoszych (13,03 mg/g), a u niebieskoszych niższy (10,80 mg/g).

Di Meo i in. (2003) stwierdzili mniejszą zawartość cholesterolu w żółtku i uważają, że składnik ten w czasie sezonu reprodukcyjnego strusi waha się tylko w niewielkim zakresie i wynosi 10,6–10,9 mg/g. Podobne wyniki podali również Pomianowski i Pudyszak (2002). Wartości większe (16,29 mg/g) od danych uzyskanych w badaniach własnych i przedstawionych w cytowanej uprzednio literaturze odnotowali Kaźmierska i in. (2005). Autorzy ci nie podają jednak wieku czy podgatunku strusi, których jaja poddano analizie.

Wyników badań własnych dotyczących zawartości cholesterolu w żółtkach jaj strusich w kolejnych latach użytkowania nie można odnieść do innych danych, ponieważ takich doświadczeń na tym gatunku jak dotąd nie przeprowadzono. Pewne porównania można poczynić, uwzględniając inne gatunki ptaków użytkowanych wieloletnio. W badaniach Szczerbińskiej (2002) prowadzonych na emu zawartość cholesterolu obniżała się istotnie wraz z wiekiem ptaków, co autorka tłumaczyła zwiększającą się w kolejnych sezonach produkcją nieśną. Z kolei Majewska i in. (2008) oraz Wnukiewicz (2007) nie stwierdzili zmian zawartości tego steroidu w żółtkach jaj emu w analizowanych sezonach rozrodczych. Rozbieżności te zwi-

zane są najprawdopodobniej z mało porównywalnym wiekiem emu, których jaja poddawano analizie.

Profil kwasów tłuszczowych występujących w lipidach żółtka jaja strusiego zmieniał się znacząco w trakcie 3-letniego okresu badań (tabela 8). Jaja pozyskane w 4. sezonie nieśności były bardziej zasobne w kwasy nasycone i różnice te były statystycznie istotne ($P \leq 0,05$) w odniesieniu do dwóch poprzednich sezonów reprodukcyjnych. W tej grupie kwasów, podobnie jak w lipidach żółtka jaj innych gatunków drobiu (Decker i Cantor, 1992; Kaźmierska i in., 2005), największy udział miały kwasy palmitynowy i stearynowy. Wraz ze wzrostem wieku ptaków istotnie zmniejszała się zawartość kwasu oleinowego i α -linolenowego, co wpłynęło na niski odsetek kwasów nienasyconych w ostatnim roku badań (tabela 8). Stosunek Σ UFA : Σ PUFA w lipidach żółtek jaj strusich w 2. i 3. sezonie nieśności był zbliżony i wynosił, odpowiednio, 1,76 i 1,75, a w 4. sezonie obniżył się o 0,25. Z punktu widzenia wartości odżywczej najkorzystniejszy indywidualny stosunek kwasów linolowego do α -linolenowego, jak i sum wielonienasyconych kwasów tłuszczowych należących do rodzin n6 i n3 stwierdzono w 3. i 4. sezonie nieśności.

We frakcji lipidowej żółtka kwasy nasycone, monoenowe i polienowe stanowiły, odpowiednio, 37,59; 38,86 i 23,50% sumy wszystkich kwasów. Reiner i in. (1995) uzyskali większy udział kwasów nasyconych (43,7%), natomiast mniejszy wielonienasyconych (17,7%). Według Horbańczuka i wsp. (1999b) w jajach strusi kwasy nasycone, monoenowe i polienowe stanowią, odpowiednio, 29,7; 44,9 i 25,0% sumy wszystkich kwasów. Różnice te najprawdopodobniej wynikają z faktu, iż profil kwasów tłuszczowych lipidów żółtka zależy nie tylko od wieku i genotypu ptaków (Speake i in., 1999; Surai i in., 2001; Yilmaz-Dikmen i Sahan, 2009), ale również od składu kwasów tłuszczowych w dawce pokarmowej, co w przypadku strusi udowodnili Noble i in. (1996) oraz Sussii i in. (2003).

Wyniki analizy profilu mineralnego białka i żółtka jaj strusich przedstawiono w tabelach 9 i 10.

Zawartość wapnia w żółtku wahała się w granicach 1762,78–1794,83 mg/kg świeżej masy, przy czym nie były to różnice statystycznie istotne (tabela 9). Analizując pozostałe makropierwiastki, odnotowano liniowy wzrost zawartości potasu, magnezu i fosforu, natomiast stężenie sodu zmieniało się nieregularnie i było największe w 3. sezonie nieśności (283,85 mg/kg świeżej masy). Najzasobniejsze w mangan, żelazo, cynk, selen i krzem były żółtka jaj najmłodszych ptaków. Zawartość tych pierwiastków w kolejnych sezonach nieśnych obniżyła się istotnie ($P \leq 0,01$; $P \leq 0,05$).

Najmniejszą koncentrację sodu, potasu, wapnia i fosforu w białku stwierdzono w 3. sezonie nieśności (tabela 10). Wraz ze wzrostem wieku ptaków w białku jaja zmniejszała się również ilość magnezu, żelaza, cynku i krzemu, a zwiększała manganu i selenu.

Tabela 9. Skład mineralny (mg/kg świeżej masy) żółtka jaj strusich w kolejnych sezonach nieśności ($\bar{x} \pm SD$)

Table 9. The mineral composition (mg/ kg wet weight) of ostrich egg yolk in successive laying seasons ($\bar{x} \pm SD$)

Wyszczególnienie Item	Sezon nieśności/ rok życia ptaków Laying season/ bird age			Średnia Average value (n = 120)
	2/3 (n = 40)	3/4 (n = 40)	4/5 (n = 40)	
P	4783,75 ^{AB} ± 520,70	5750,93 ^A ± 185,30	5861,54 ^B ± 182,60	5465,41 ± 589,40
Ca	1794,83 ± 226,85	1762,78 ± 96,47	1792,94 ± 134,75	1783,52 ± 161,51
K	793,20 ^{AB} ± 111,53	937,57 ^A ± 55,35	942,63 ^B ± 51,96	891,14 ± 103,95
Na	213,16 ^{AB} ± 37,13	283,85 ^{AC} ± 27,44	239,12 ^{BC} ± 24,12	245,38 ± 41,82
Mg	105,06 ^A ± 18,33	110,47 ± 10,01	113,32 ^A ± 6,42	109,62 ± 12,97
Fe	84,50 ^{AB} ± 10,12	77,06 ^{Aa} ± 6,59	72,03 ^{Ba} ± 10,18	77,69 ± 10,35
Zn	46,37 ^{AB} ± 3,88	33,05 ^{Aa} ± 2,89	34,59 ^{Ba} ± 2,50	37,79 ± 6,66
Si	9,25 ^{AB} ± 1,63	7,11 ^{AC} ± 0,95	5,57 ^{BC} ± 1,58	7,26 ± 2,05
Cu	0,89 ^{AB} ± 0,11	1,09 ^A ± 0,09	1,10 ^B ± 0,11	1,03 ± 0,14
Mn	0,80 ^{AB} ± 0,14	0,65 ^A ± 0,15	0,68 ^B ± 0,15	0,71 ± 0,15
Pb	0,17 ^{AB} ± 0,02	0,21 ^{AC} ± 0,02	0,23 ^{BC} ± 0,03	0,20 ± 0,03
Se	0,08 ^{AB} ± 0,01	0,06 ^{AC} ± 0,004	0,07 ^{BC} ± 0,01	0,07 ± 0,01
Cd	0,013 ^{AB} ± 0,001	0,017 ^{AC} ± 0,001	0,021 ^{BC} ± 0,003	0,017 ± 0,004

Średnie w wierszach oznaczone tymi samymi literami różnią się istotnie (A, B, C – P ≤ 0,01; a – P ≤ 0,05) – Means in the rows marked with the same letters differ significantly (A, B, C – P ≤ 0.01; a – P ≤ 0.05).

Tabela 10. Skład mineralny (mg/kg świeżej masy) białka jaj strusich w kolejnych sezonach nieśności ($\bar{x} \pm SD$)

Table 10. The mineral composition (mg/kg wet weight) of ostrich egg albumen in successive laying seasons ($\bar{x} \pm SD$)

Wyszczególnienie Item	Sezon nieśności/ rok życia ptaków Laying season/ bird age			Średnia Average value 2/3 (n = 40)
	2/3 (n = 40)	3/4 (n = 40)	4/5 (n = 40)	
Na	1547,79 ± 107,47	1502,31 ^a ± 97,72	1558,51 ^a ± 116,90	1536,00 ± 109,53
K	602,65 ^A ± 53,62	556,64 ^{Aa} ± 61,09	592,06 ^a ± 71,70	583,06 ± 71,55
Ca	263,28 ^A ± 55,53	203,05 ^{AB} ± 41,70	275,27 ^B ± 53,37	246,93 ± 59,36
Mg	136,74 ^A ± 10,39	138,77 ^B ± 11,69	124,11 ^{AB} ± 11,50	133,15 ± 12,91
P	94,01 ^A ± 8,60	89,63 ^B ± 8,14	108,68 ^{AB} ± 13,09	97,49 ± 13,06
Si	1,24 ^{AB} ± 0,28	0,72 ^{AC} ± 0,18	0,92 ^{BC} ± 0,20	0,95 ± 0,30
Cu	0,77 ^{AB} ± 0,16	0,93 ^{Aa} ± 0,21	1,04 ^{Bb} ± 0,17	0,92 ± 0,21
Fe	0,40 ^a ± 0,15	0,32 ^a ± 0,16	0,38 ± 0,19	0,37 ± 0,17
Zn	0,18 ^{AB} ± 0,09	0,11 ^A ± 0,03	0,13 ^B ± 0,05	0,14 ± 0,07
Pb	0,009 ^{AB} ± 0,005	0,044 ^{AC} ± 0,007	0,060 ^{BC} ± 0,009	0,039 ± 0,009
Mn	0,016 ^{ab} ± 0,018	0,024 ^a ± 0,015	0,023 ^b ± 0,005	0,021 ± 0,014
Se	0,013 ^A ± 0,003	0,012 ^B ± 0,001	0,014 ^{AB} ± 0,002	0,013 ± 0,002
Cd	0,0007 ^{AB} ± 0,0002	0,0031 ^{AC} ± 0,0005	0,004 ^{BC} ± 0,0004	0,0028 ± 0,0015

Średnie w wierszach oznaczone tymi samymi literami różnią się istotnie (A, B, C – P ≤ 0,01; a, b – P ≤ 0,05) – Means in the rows marked with the same letters differ significantly (A, B, C – P ≤ 0.01; a, b – P ≤ 0.05).

Większą kumulację metali ciężkich (Pb, Cu i Cd) stwierdzono w żółtku i białku starszych ptaków, przy czym zawartość miedzi była zbliżona w obu częściach jaja. Z kolei stężenie ołowiu było 5-krotnie, a kadmu 6-krotnie większe w żółtku aniżeli w białku. Strusie utrzymywane są systemem ekstensywnym lub półintensywnym i wydaje się, że względu na długowieczność i wszystkożerność, mogą być dobrym bioindykatorem skażenia środowiska, podobnie jak kaczki i gęsi (Dobrzański i in., 2003).

Zawartość większości pierwiastków oznaczonych w białku i żółtku zmieniała się nieregularnie w trakcie 3-letniego okresu badań i trudno było określić prawidłowość tych zmian. Jak wiadomo, skład mineralny jaja zależy w dużym stopniu od czynników żywieniowych (Naber, 1979; Stadelman i Pratt, 1989), pewien wpływ może odgrywać również wiek niosek (Cunningham i in., 1960).

W dostępnej literaturze brakuje danych dotyczących składu mineralnego białka i żółtka jaj strusich w kolejnych sezonach reprodukcyjnych. Dyskusję dodatkowo utrudnia fakt, iż nieliczne badania z tego zakresu dotyczą treści jaja bez podziału na białko i żółtko. Ponadto w badaniach, które prowadzili Shahin i in. (2006) oraz Abu-Salem i Abou-Arab (2008), analizy dotyczyły wybranych pierwiastków (Ca, P, Mg, Mn, Se, Zn, Cu) i ograniczonego materiału lub jaj niezapłodnionych wyjętych z inkubatora (Angel, 1993). Brand i in. (2003) badali wprawdzie profil mineralny obu części składowych jaj strusich pozyskanych na jednej z ferm afrykańskich, ale w zależności od koncentracji białka i energii w diecie. Wyniki badań własnych odbiegają znacznie od przedstawionych w omawianej publikacji, co może być konsekwencją odmiennego żywienia ptaków.

Największą koncentrację podstawowych makroelementów budujących skorupę – wapnia i fosforu – stwierdzono u najstarszych ptaków, natomiast w przypadku magnezu wystąpiła zależność odwrotna (tabela 11). Wraz ze wzrostem wieku niosek zwiększała się zawartość miedzi i krzemu, zmniejszała się natomiast zawartość żelaza, cynku i selenu.

Wyniki badań własnych różnią się od danych przedstawionych przez Wiercińską (2009). Autorka, analizując profil mineralny skorup jaj 4-letnich strusi, odnotowała mniejszą koncentrację fosforu (0,21 mg/g), magnezu (0,62 mg/g) i sodu (0,41 mg/g), a większą wapnia (369,6 mg/g), cynku (2,02 µg/g) i manganu (0,53 µg/g). W badaniach, które prowadzili Klös i in. (1976), zawartość magnezu była zbliżona do uzyskanej w badaniach własnych, natomiast pozostałe makroelementy występowały w niższych stężeniach.

W literaturze brakuje informacji dotyczących zmian składu mineralnego skorupy jaj wraz z wiekiem strusi, więc dyskusję na ten temat można odnieść jedynie do innych gatunków ptaków użytkowych. W trakcie 3-letnich badań prowadzonych na emu (Majewska i in., 2008) istotnemu zwiększeniu w skorupach jaj uległa ilość magnezu, cynku, ołowiu i jodu, natomiast zawartość sodu i strontu znacznie się zmniejszyła. Szczerbińska (2002) w trakcie 3-letniego okresu badań jakości jaj emu stwierdziła wraz ze wzrostem wieku ptaków istotne zwiększenie się w skorupach ilości wapnia, siarki i ołowiu, a zmniejszenie żelaza i manganu.

Tabela 11. Skład mineralny skorupy jaj strusich w kolejnych sezonach nieśności ($\bar{x} \pm SD$)
 Table 11. The mineral composition of ostrich eggshell in successive laying seasons ($\bar{x} \pm SD$)

Wyszczególnienie Item	Sezon nieśności/ rok życia ptaków Laying season/ bird age			Średnia Average value (n = 120)
	2/3 (n = 40)	3/4 (n = 40)	4/5 (n = 40)	
Ca (mg/g)	334,54 ^{AB} ± 7,42	345,55 ^{AC} ± 11,18	354,78 ^{BC} ± 10,12	344,96 ± 12,71
Mg (mg/g)	1,54 ^{AB} ± 0,17	1,35 ^A ± 0,14	1,40 ^B ± 0,17	1,43 ± 0,18
Na (mg/g)	1,38 ^A ± 0,10	1,50 ^{AB} ± 0,10	1,34 ^B ± 0,11	1,41 ± 0,12
P (mg/g)	0,70 ^A ± 0,11	0,74 ^B ± 0,10	0,81 ^{AB} ± 0,10	0,75 ± 0,10
K (mg/g)	0,42 ± 0,04	0,43 ± 0,04	0,43 ± 0,06	0,43 ± 0,05
Mn (mg/g)	0,13 ^A ± 0,04	0,12 ^B ± 0,02	0,10 ^{AB} ± 0,02	0,12 ± 0,03
Si (µg/g)	2,45 ^A ± 0,66	2,76 ^B ± 1,27	4,60 ^{AB} ± 0,96	3,29 ± 1,40
Fe (µg/g)	1,87 ^A ± 0,79	2,02 ^B ± 0,48	1,26 ^{AB} ± 0,20	1,72 ± 0,63
Zn (µg/g)	1,64 ^A ± 0,45	1,82 ^B ± 0,57	1,29 ^{AB} ± 0,39	1,58 ± 0,52
Cu (µg/g)	0,21 ± 0,12	0,20 ^a ± 0,09	0,25 ^a ± 0,11	0,22 ± 0,11
Pb (µg/g)	0,094 ^{Aa} ± 0,004	0,127 ^{AB} ± 0,011	0,088 ^{Ba} ± 0,016	0,103 ± 0,021
Se (µg/g)	0,039 ^a ± 0,008	0,040 ^A ± 0,008	0,035 ^{Aa} ± 0,008	0,038 ± 0,008
Cd (µg/g)	0,0090 ^{AB} ± 0,0005	0,0106 ^{AC} ± 0,0015	0,0099 ^{BC} ± 0,0004	0,0098 ± 0,0011
Cr (µg/g)	0,0088 ^{Aa} ± 0,0011	0,0092 ^{Ba} ± 0,0008	0,0078 ^{AB} ± 0,0005	0,0087 ± 0,001

Średnie w wierszach oznaczone tymi samymi literami różnią się istotnie (A, B, C – P ≤ 0,01; a – P ≤ 0,05) – Means in the rows marked with the same letters differ significantly (A, B, C – P ≤ 0.01; a – P ≤ 0.05).

Badania prowadzone na jajach kurzych dotyczą podstawowych makroelementów (Ca, P, Mg) budujących skorupę. W badaniach Kamińskiej i Skraby (1992) zawartość wapnia w skorupie zmniejszyła się pod koniec okresu użytkowania, starsze ptaki bowiem mają mniejsze możliwości wykorzystania tego składnika z paszy (Ousterhout, 1980). Natomiast Britton (1977) i Szczerbińska (1997) nie odnotowali istotnych zmian koncentracji tego pierwiastka w skorupach jaj kurzych na początku i końcu nieśności. W cytowanych badaniach Kamińskiej i Skraby (1992) oraz Szczerbińskiej (1997) ilość magnezu w skorupie podczas użytkowania nieśnego była różna i nie można było określić żadnej prawidłowości tych zmian.

4.3. Wskaźniki reprodukcyjne

Analizując zdolność rozrodczą strusi, stwierdzono poprawę zapłodnienia wraz ze wzrostem wieku ptaków (tabela 12). Najniższe zapłodnienie odnotowano w 2. sezonie nieśności (86,25%), a w kolejnych latach użytkowania wartość ta była wyższa o, odpowiednio, 3,12 i 5,0 p.p. Ipek i Sahan (2004), prowadząc kontrolę wylęgowości strusi przez 5 kolejnych sezonów, stwierdzili podobną zależność, w 1. bowiem roku reprodukcji odsetek jaj zapłodnionych wyniósł 58,3%, a w 5. wzrósł do 70,7%.

Zapłodnienie jaj w analizowanych sezonach rozrodczych należy uznać za wysokie, na fermach krajowych bowiem stwierdzano niższe wartości: 66,1–77,1% (Horbańczuk, 2000; Horbańczuk i Sales, 2001), 62–85% (Horbańczuk i in., 1999a), 73,0% (Wiercińska, 2009). Zdaniem Foggina (1992), zapłodnienie u tego gatunku ptaków wynosi średnio 70%, co potwierdzają Brand i in. (1998), Verwoerd i wsp. (1998), Schiavone i in. (2000), Zoccarato i in. (2004) oraz Ipek i Sahan (2006).

Tabela 12. Wskaźniki reprodukcyjne strusi w kolejnych sezonach nieśności ($\bar{x} \pm SD$)Table 12. Reproductive indicators of ostrich in successive laying seasons ($\bar{x} \pm SD$)

Wyszczególnienie Item	Sezon nieśności/ rok życia ptaków Laying season/ bird age			Średnia Average value
	2/3	3/4	4/5	
Jaja zapłodnione (%) – Fertile egg	86,25 ± 7,40	89,37 ± 6,92	91,25 ± 3,38	88,95 ± 6,27
Zarodki zmarłe (%) – Dead embryo	23,19 ± 7,69	11,18 ± 5,40	10,27 ± 5,53	14,75 ± 8,56
Pisklęta kalekie i słabe (%) – Crippled and weak chicks	0,72 ± 0,00	0,70 ± 0,00	–	0,71 ± 0,01
Pisklęta zdrowe (n) – Healthy chicks w tym – including:	105	126	131	
wyklute z pomocą obsługi (%) – hatched with personel help	28,57 ± 4,53	26,19 ± 5,17	19,08 ± 3,45	24,31 ± 5,89
Wyląg z jaj nałożonych (%) – Hatchability to set eggs	65,62 ± 11,45	78,75 ± 10,14	81,87 ± 6,23	75,42 ± 12,06
Wyląg z jaj zapłodnionych (%) – Hatchability to fertile eggs	76,08 ± 9,13	87,70 ± 6,01	89,73 ± 4,27	84,78 ± 9,06

Niejednokrotnie stwierdzano również znacznie niższy odsetek jaj zapłodnionych: 55,0 (Ar i Gefen, 1998), 51,3 (More, 1997), 58,7 (Kennou Sebei i Bergaoui, 2009), 46,6 (Majewska i in., 2005), 42,6 (Deeming, 1996a), 30,0 (Foggin i Honywill, 1992). Według More'a (1996a, b) i Elsayeda (2009) procent zapłodnienia u strusi jest najwyższy w szczycie, a najniższy na początku i końcu okresu nieśności.

Wiek stada reprodukcyjnego wpłynął znacząco na wyniki inkubacji. Najniższy wskaźnik wylęgowości z jaj zapłodnionych (76,08%) i wysoką śmiertelność zarodków (23,19%) stwierdzono w 2. roku użytkowania (tabela 12). W kolejnych sezonach rozrodczych wylęgowość znacznie się poprawiła (odpowiednio, o 11,62 i 13,65 p.p) wskutek zmniejszenia odsetka zamierających zarodków. Zbieżne z prezentowanymi wynikami są rezultaty doświadczenia, które prowadzili Ipek i Sahan (2004). Autorzy ci uzyskali wprawdzie niższe wskaźniki wylęgowości, ale udowodnili zależność między wiekiem strusic a rezultatami inkubacji. W cytowanych badaniach wskaźnik wylęgowości z jaj zapłodnionych wzrósł z 63,4% w 1. sezonie nieśności do 73,1% w 5. sezonie.

We wcześniejszych badaniach własnych (Majewska i in., 2005) w stadzie 5-letnich strusi uzyskano 55,5–84,6% wylęgu z jaj zapłodnionych. W podanym przedziale mieściły się również wyniki uzyskane na fermach krajowych przez innych autorów (Horbańczuk i in., 1999b; Horbańczuk, 2000; Horbańczuk i Sales, 2001; Wiercińska, 2009). Kenou Sebei i Ber-

gaoui (2009) uzyskali 70% wylęgowości z jaj zapłodnionych pochodzących od strusi utrzymywanych w warunkach fermowych, jednakże inkubowanych naturalnie.

Wskaźniki wylęgowości zależą od wielu czynników, między innymi żywienia stada, wieku ptaków, techniki inkubacji, toteż podawane w literaturze średnie wartości tego parametru (w odniesieniu do jaj zapłodnionych) wahają się w szerokich granicach: 31,9% (Deeming, 1996b), 56,4% (Cloete i in., 1998), 67,5% (Mushi i in., 2007), 73,9% (Rizzi i in., 2002), 95,44% (Zoccarato i in., 2004).

Największy odsetek piskląt, którym udzielono pomocy w czasie klucia, odnotowano w 1. i 2. sezonie nieśności, odpowiednio, 28,57 i 26,19% (tabela 12), natomiast w 3. wskaźnik ten obniżył się do 19,08%. Również w badaniach, które prowadzili Ipek i Sahan (2004), odsetek strusiąt, którym pomagano przy kluciu, malał wraz ze wzrostem wieku stada reprodukcyjnego.

Problem pomagania strusiętom podczas klucia jest sprawą kontrowersyjną, ich przeżywalność bowiem jest niska, co potwierdzają Deeming i in. (1993) oraz Deeming i Ayres (1994). Z kolei Horbańczuk i Sales (2000) stwierdzili, iż chociaż pomoc udzielona podczas klucia nie miała wpływu na wyniki odchowu do 2. tygodnia życia, to jednak późniejsza śmiertelność piskląt była podwyższona. Celowość stosowania tego zabiegu jest uzasadniona jedynie w przypadku niewłaściwego ułożenia zarodka (Brown i in. 1996; Horbańczuk i in. 1997) lub gdy skorupa jaja jest grubsza niż 2 mm (spostrzeżenia własne).

Straty masy jaj w czasie 39-dniowej inkubacji w komorze lęgowej wynosiły średnio 13,9%, nie różniąc się statystycznie istotnie (tabela 13). Nieco niższe ubytki przy podobnych parametrach inkubacji odnotowali Wiercińska (2009) – 11,1%, Hassan i in. (2004) – 12,14% oraz Gonzales i in. (1999) – 13,2%.

Tabela 13. Zmiany masy jaj strusich w czasie inkubacji w kolejnych sezonach nieśności ($\bar{x} \pm SD$)
Table 13. Changes in weight of ostrich eggs during incubation in successive laying seasons ($\bar{x} \pm SD$)

Wyszczególnienie Item	Sezon nieśności/ rok życia ptaków Laying season/ bird age			Średnia Average value (n = 362)
	2/3 (n = 105)	3/4 (n = 126)	4/5 (n = 131)	
Masa jaja (g) – Egg weight: w dniu nałożenia – on day set w 39. dniu inkubacji – on 39 day	1517,79 ± 103,88 1303,78 ± 101,11	1528,32 ± 81,77 1314,82 ± 87,85	1529,84 ± 69,76 1317,91 ± 78,50	1525,81 ± 84,91 1312,7 ± 88,7
Ubytek masy jaja (%) do 39. dnia inkubacji – Egg weight loss by day 39	14,12 ± 2,35	13,98 ± 3,08	13,84 ± 3,52	13,97 ± 3,05
Masa pisklęcia – Chick weight: g %	968,73 ± 84,87 63,78 ± 2,75	999,84 ± 75,48 64,85	977,45 ± 79,30 63,86 ± 3,91	978,04 ± 81,52 64,07 ± 3,51

Zadowalające wskaźniki wylęgowości można uzyskać, gdy ubytek masy jaj mieści się w granicach 10–15,5% (Jarvis i in., 1985b; Bowsheer, 1992; Deeming i in., 1993). Przy ubytku mniejszym niż 10% strusięta klują się przewodnione (Deeming i in., 1993; Horbańczuk i in., 1999b) lub zamierają w końcowej fazie inkubacji (Brown i in., 1996).

Przewodnienie piskląt stanowi także problem podczas inkubacji jaj emu. W przypadku tego gatunku stwierdzono we wcześniejszych badaniach własnych, iż zbyt niskie są również straty masy jaj, wynoszące 11–12% (Majewska, 2001).

Masa ciała jednodniowych piskląt we wszystkich sezonach nieśności była wyrównana i wynosiła średnio 978 g, stanowiąc 64,07% masy jaja (tabela 13). Podobną masę wyklutych piskląt odnotowała Wiercińska (2009) przy wyższej o 2,73 p.p. ich masie względnej.

W badaniach, które prowadzili Rizzi i in. (2002), Essa i Cloete (2004) oraz Majewska i in. (2005), względna masa piskląt była mniejsza o, odpowiednio, 1,7; 2,37 i 4,07%. Horbańczuk (2003) podaje, iż wyklute strusie powinno ważyć 850–1100 g, co stanowi 60–68% początkowej masy jaja.

4.4. Analiza zamarłych zarodków

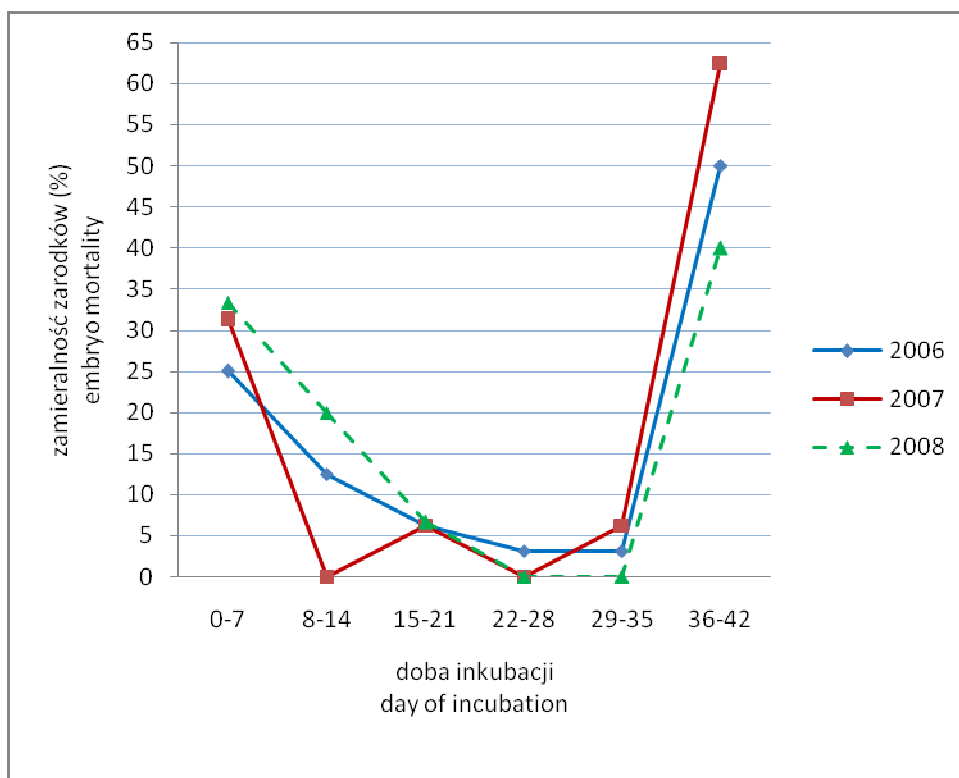
W 3 analizowanych sezonach reprodukcyjnych strusi zamarłe zarodki stanowiły średnio 14,75% wszystkich jaj zapłodnionych. Najwyższą zamieralność stwierdzono w 1. roku badań – 23,19%, w kolejnych zaś wskaźnik ten obniżył się o, odpowiednio, 12,01 i 12,92% (tabela 12).

W badaniach Horbańczuka (2000) śmiertelność embrionów wahała się w granicach 20,9–25,2%. Brand i in. (2007) podali wartość wyższą – 28,5%. Wiercińska (2009), inkubując jaja strusie z okołoszczytowego okresu nieśności, stwierdziła 13,6% zarodków zamarłych. W przypadku innych gatunków drobiu naturalny odpad zamarłych embrionów wynosi przeciętnie 8–20% (Mazurkiewicz, 2005).

Analizując krzywą śmiertelności (rys. 2) w 3 kolejnych sezonach rozrodczych, wyróżniono 2 szczyty zamierania zarodków – pierwszy do 7. doby, drugi zaś w ostatnim tygodniu inkubacji.

W okresie międzyszczytowym straty wynosiły 20,63%, przy czym połowa embrionów zamierała pomiędzy 8. a 14. dobą. Podobne fazy zamierania zarodków strusi wyróżnili również Deeming (1995a), Horbańczuk (2000), Rizzi i in. (2002) oraz Wiercińska (2009).

Zamieranie zarodków w 2 szczytach jest zjawiskiem typowym, jednak w przypadku strusi 2. okres krytyczny, co podkreślił Horbańczuk (2000), jest rozciągnięty w czasie i trwa od 35. dnia do końca inkubacji. W badaniach własnych śmiertelność w tym stadium wahała się w granicach 40–62,5% (rys. 2). Podobne dane podali również Brown i in. (1996) – 69,5% (36.–40. dzień). Natomiast Brand i in. (1998) oraz Schalkwyk i in. (1998) stwierdzili wysoką zamieralność w ostatnich 14 dniach lęgu, odpowiednio, 78,9 i 77,0%.



Rys. 2. Krzywa zamieralności zarodków w 3 kolejnych sezonach nieśności
 Fig. 2. Curve of embryo mortality in three successive laying seasons

W grupie zarodków 35-dniowych i starszych większość (53,12%) stanowiły zamarte w ostatnich kilku dniach inkubacji, które przebiły się do komory powietrznej, a nie zdołały nakłuć skorupy (tabela 14).

Zdaniem Christensena i in. (1995), w przypadku jaj kurzych po nakłuciu wewnętrznym zamiera około 0,4–0,65% embrionów, głównie na skutek uduszenia.

Niewielki niedobór tlenu podczas ostatniego etapu inkubacji prowadzi do zaburzeń w krążeniu, co jest bezpośrednią przyczyną zamierania zarodków w 2. szczyt krytycznym (Ruijtenbeek i in., 2002; Christensen i in., 2006). Jak podają Schalkwyk i Brown (2002), zarodki strusie mają największe zapotrzebowanie na tlen (V_{O_2}) pomiędzy 31. a 38. dniem inkubacji (180 ml/kg/h).

Najczęstszą przyczyną zamierania zarodków było ich nieprawidłowe ułożenie w jaju (46,87%). Brak dostępu do komory powietrznej przy ułożeniu głowy w ostrym końcu jaja stwierdzono w 8 przypadkach. Natomiast w pozostałych 7 zarodki leżały wzdłuż osi długiej jaja, z głową między nogami i dziobem skierowanym w stronę przeciwną do komory powietrznej. W badaniach Browna i in. (1996) oraz Deeminga (1997) wadliwe ułożenie stwierdzono u, odpowiednio, 55 i 36,9% zarodków. Większy odsetek (64,9%) odnotował Horbańczuk (2000), przy czym połowa embrionów ułożona była głową w ostrym końcu jaja.

Przyjęcie przez zarodki strusie właściwej pozycji w jaju zależy głównie od techniki inkubacji (Horbańczuk, 2000), a szczególnie ułożenia w aparacie wylęgowym, częstości ich obracania (Badley, 1997; Blood i in., 1998) i warunków termiczno-wilgotnościowych (Fog-

gin, 1992; Deeming, 1993). W badaniach, które prowadzili Ipek i Sahan (2004), odsetek zarodków nieprawidłowo ułożonych malał wraz ze wzrostem wieku strusi.

Tabela 14. Analiza patomorfologiczna zarodków strusich zamartwych po 35. dniu inkubacji
Table 14. Pathological analysis of dead ostrich embryos after 35 day of incubation

Wyszczególnienie Item	Sezon nieśności/ rok życia ptaków Laying season/ bird age			Razem Total	
	2/3	3/4	4/5	szt. pcs.	%*
Liczba analizowanych zarodków (szt.) – Number of embryos analyzed (pcs.)	16	10	6	32	–
Naklucie wewnętrzne – External pipping	8	4	5	17	53,12
Nieprawidłowe ułożenie – Malpositioned embryos	7	5	3	15	46,87
Źle wykorzystane białko – Unabsorbed albumen	1	2	–	3	9,37
Przekrwiona tkanka podskórna – Haemorrhagic subcutaneous tissue	1	1	1	3	9,37
Opuchlizna potylicy – Swollen head	5	4	3	12	37,50
Opuchlizna kończyn – Swollen legs	4	2	1	7	21,87
Niewciągnięty woreczek żółtkowy – Unabsorbed yolk sac	–	2	–	2	6,25
Przekrwienie i wadliwa konsystencja woreczka żółtkowego – Congestion and faulty consistency of the yolk sac	3	1	1	5	15,62
Krwawa pępowina – Bloody umbilical cord	3	–	1	4	12,50
Obrzęk i przekrwienie nerek – Swelling and congestion of the kidney	3	1	1	5	15,62
Skręt szyi – Twisted neck	–	1	–	1	3,12
Deformacja palca – Toe deformation	–	–	1	1	3,12

* W stosunku do liczby analizowanych zarodków – In relation to the number of embryos analyzed.

W badanym materiale stwierdzono galaretowate obrzęki w tkance podskórnej, głównie w okolicach potylicy (37,5%), skoków i palców (21,9%) – tabela 14.

Pomimo objawów wskazujących na zaburzenia w gospodarce wodnej tylko w 2 przypadkach woreczek żółtkowy nie został całkowicie wciągnięty, a w ostrej części jaja znajdowało się niewykorzystane białko. Stwierdzono również obrzęk i przekrwienie nerek oraz dużą ilość płynów i gazów w jelitach u 5 przewodnionych zarodków. W badaniach Horbańczuka (2000) silne obrzęki szyi i kończyn występowały najczęściej przy zastosowaniu wysokiej wilgotności względnej (40%) podczas inkubacji, a także przy poziomym ułożeniu jaj w komorze lęgowej. Na częste przypadki przewodnienia zarodków strusi zwracają również uwagę Brown i in., (1996), Sahan i in. (2003b), Wiercińska i Szczerbińska (2005), Onderka (2008) oraz Wiercińska (2009). Obrzęki tkanek podskórnych (oedema) stanowią częsty problem w rozwoju embrionalnym innych paleognatycznych. Dużą kumulację płynu w okolicy potylicy (14,6%) u zamartwych zarodków emu stwierdziła Szczerbińska (2002).

Odształcenia morfologiczne w analizowanym odpadzie powylęgowym występowały sporadycznie. W pierwszym przypadku pisklą z deformacją palca przebiło błonę obiałkową

i mimo prawidłowego ułożenia, nie nakłuło skorupy, a w drugim stwierdzono skręt szyi, przy czym zarodek miał głowę skierowaną w stronę ostrego końca jaja.

W dostępnej literaturze brak jest danych dotyczących przyczyn występowania anomalii rozwojowych u strusi. Wady rozwojowe u innych gatunków drobiu mają najczęściej podłoże genetyczne, mogą być również skutkiem niewłaściwego żywienia niosek produkujących jaja wylęgowe, stosowania niektórych leków i błędów w technice inkubacji (Borzemska, 1984; Rosenberg, 1987; Wilson, 2004; Mobarak, 2010).

4.5. Analiza skorup powylęgowych

Analizując jakość skorup jaj pochodzących od strusi w 2. sezonie nieśności, stwierdzono, iż najgrubszą skorupą (2,01 mm) charakteryzowała się III grupa, w której zarodki zamarły po 21. dobie inkubacji (tabela 15). Różnice te były statystycznie istotne ($P \leq 0,01$) w odniesieniu do pozostałych 2 grup.

Tabela 15. Grubość i porowatość skorup jaj w 2. sezonie nieśności ($\bar{x} \pm SD$)

Table 15. The thickness and porosity of eggshells in second laying season ($\bar{x} \pm SD$)

Wyszczególnienie Item	Grupa Group		
	I (n = 40)	II (n = 25)	III (n = 17)
Grubość skorupy (mm) – Eggshell thickness:			
koniec tępy – blunt end	1,89 ^A ± 0,07	1,91 ^B ± 0,12	2,03 ^{AB} ± 0,18
część równikowa – equatorial part	1,88 ^A ± 0,07	1,88 ^B ± 0,11	1,99 ^{AB} ± 0,16
koniec ostry – sharp end	1,90 ^A ± 0,07	1,90 ^B ± 0,11	2,01 ^{AB} ± 0,17
Razem – Total	1,89 ^A ± 0,07	1,90 ^B ± 0,11	2,01 ^{AB} ± 0,13
Porowatość (szt./cm ²) – Porosity (pcs/cm ²):			
koniec tępy – blunt end	16,61 ^A ± 2,08	13,14 ^{AB} ± 2,64	16,07 ^B ± 2,68
część równikowa – equatorial part	15,17 ^A ± 1,90	12,30 ^{AB} ± 2,92	15,20 ^B ± 2,66
koniec ostry – sharp end	15,52 ^A ± 1,87	13,11 ^{AB} ± 3,32	15,60 ^B ± 2,44
Razem – Total	15,77 ^A ± 1,58	12,85 ^{AB} ± 2,76	15,62 ^B ± 2,26
Średnie w wierszach oznaczone tymi samymi literami różnią się istotnie (A, B – $P \leq 0,01$) – Means in the rows marked with the same letters differ significantly (A, B – $P \leq 0,01$).			

Wydaje się, iż gruba skorupa, szczególnie w części tępej, utrudniała wymianę gazową i klucie piskląt, mogła być również przyczyną wysokiej zamieralności zarodków w ostatniej fazie embriogenezy.

Gonzales i wsp. (1999) uzyskali istotnie niższe wskaźniki wylęgowości, gdy grubość skorupy jaj przekraczała 1,9 mm. Natomiast Sahan i in. (2003a) nie stwierdzili istotnej korelacji pomiędzy grubością skorupy a wylęgowością, chociaż skorupy jaj z grupy strusiąt wykłutych były nieco cieńsze (o 0,02 mm) aniżeli niewykłutych.

Istotne ($P \leq 0,01$) zróżnicowanie między wydzielonymi grupami odnotowano również w porowatości skorupy (tabela 15). Największą liczbę porów przypadających na jednostkę powierzchni stwierdzono w jajach, z których pisklęta wykluły się samodzielnie (15,77 na cm^2), najmniejszą zaś w grupie, której udzielono pomocy podczas klucia (12,85 na cm^2).

W kolejnym sezonie nieśnym najgrubsze skorupy (1,94 mm) miały również jaja z zarodkami zmarłymi (tabela 16). Nie stwierdzono natomiast istotnych różnic w porowatości między analizowanymi grupami skorup.

Tabela 16. Grubość i porowatość skorup jaj w 3. sezonie nieśności ($\bar{x} \pm \text{SD}$)

Table 16. The thickness and porosity of eggshells in third laying season ($\bar{x} \pm \text{SD}$)

Wyszczególnienie Item	Grupa Group		
	I (n = 40)	II (n = 25)	III (n = 11)
Grubość skorupy (mm) – Eggshell thickness:			
koniec tępy – blunt end	1,89 ^A ± 0,07	1,87 ^B ± 0,11	1,98 ^{AB} ± 0,13
część równikowa – equatorial part	1,85 ± 0,08	1,85 ± 0,10	1,89 ± 0,10
koniec ostry – sharp end	1,90 ± 0,08	1,87 ^a ± 0,11	1,95 ^a ± 0,11
Razem – Total	1,88 ± 0,07	1,86 ^a ± 0,10	1,94 ^a ± 0,11
Porowatość (szt./ cm^2) – Porosity (pcs/ cm^2):			
koniec tępy – blunt end	15,10 ± 1,67	14,33 ± 2,27	13,66 ± 2,87
część równikowa – equatorial part	14,08 ± 1,79	13,70 ± 2,80	13,73 ± 3,14
koniec ostry – sharp end	14,05 ± 2,03	14,08 ± 3,00	14,54 ± 2,58
Razem – Total	14,41 ± 1,65	14,03 ± 2,22	13,97 ± 2,73
Średnie w wierszach oznaczone tymi samymi literami różnią się istotnie (A, B – $P \leq 0,01$; a – $P \leq 0,05$) – Means in the rows marked with the same letters differ significantly (A, B – $P \leq 0,01$; a – $P \leq 0,05$).			

Wiercińska (2009), analizując powylęgowe skorupy strusi i emu, również nie odnotowała zróżnicowania w liczbie porów. Z kolei Szczerbińska (2002) stwierdziła większą porowatość skorup jaj emu, z których wykluły się zdrowe pisklęta w stosunku do grupy z zarodkami zmarłymi, ale tylko u najstarszych ptaków. Podobne zależności stwierdzono w przypadku innych gatunków drobiu (Burton i Tullett, 1983; Turkyilmaz i in., 2005).

W ostatnim roku badań, podobnie jak w 2 wcześniejszych sezonach, najgrubsze okazały się skorupy jaj z zarodkami zmarłymi (tabela 17).

Stwierdzone różnice w odniesieniu do pozostałych dwóch grup były wysoko istotne ($P \leq 0,01$). Trzecią grupę charakteryzowała również najmniejsza porowatość skorup (13,97 na cm^2).

Należy dodać, iż średnia porowatość skorup jaj 5-letnich ptaków zwiększyła się w przypadku wszystkich analizowanych grup w porównaniu z poprzednim sezonem reprodukcyjnym i tym również można tłumaczyć najwyższe wskaźniki wylęgowości uzyskane w ostatnim roku badań. Porowatość skorupy ma zasadnicze znaczenie w procesie oddychania zarodka, szczególnie w ostatniej fazie embriogenezy, po przejściu z oddychania konwekcyjnego na płucne.

Tabela 17. Grubość i porowatość skorup jaj w 4. sezonie nieśności ($\bar{x} \pm SD$)
 Table 17. The thickness and porosity of eggshells in fourth laying season ($\bar{x} \pm SD$)

Wyszczególnienie Item	Grupa Group		
	I (n = 40)	II (n = 25)	III (n = 11)
Grubość skorupy (mm) – Eggshell thickness:			
koniec tępy – blunt end	1,89 ^A ± 0,07	1,91 ^B ± 0,10	2,07 ^{AB} ± 0,04
część równikowa – equatorial part	1,84 ^A ± 0,05	1,86 ^B ± 0,10	2,03 ^{AB} ± 0,05
koniec ostry – sharp end	1,86 ^A ± 0,06	1,90 ^B ± 0,11	2,09 ^{AB} ± 0,04
Razem – Total	1,86 ^A ± 0,03	1,89 ^B ± 0,01	2,06 ^{AB} ± 0,04
Porowatość (szt./cm ²) – Porosity (pcs/cm ²):			
koniec tępy – blunt end	16,87 ± 3,16	16,50 ± 2,56	15,63 ± 1,84
część równikowa – equatorial part	16,00 ± 2,80	13,93 ± 3,19	14,59 ± 1,97
koniec ostry – sharp end	16,85 ^a ± 2,75	14,88 ± 2,01	14,25 ^a ± 0,79
Razem – Total	16,58 ^a ± 1,68	15,17 ± 2,16	14,83 ^a ± 1,18
Średnie w wierszach oznaczone tymi samymi literami różnią się istotnie (A, B – P ≤ 0,01; a – P ≤ 0,05) – Means in the rows marked with the same letters differ significantly (A, B – P ≤ 0.01; a – P ≤ 0.05).			

Potwierdzone statystycznie obniżenie wskaźników wylęgowości jaj strusich wraz ze spadkiem porowatości skorupy odnotowali Gonzales i in. (1999) oraz Sahan i in. (2003a). W badaniach Sahana i in. (2003a) wskaźniki wylęgowości w jajach z niską (< 8 porów/cm²) i wysoką (> 12 porów/cm²) porowatością wynosiły, odpowiednio, 40,9 i 80,9%. Z badań Wiercińskiej (2009) wynika, iż na wskaźniki wylęgowości ma wpływ nie tyle grubość i porowatość skorupy, ile budowa warstwy brodawkowej. Autorka, analizując ultrastrukturę skorupy strusia, emu i nandu, stwierdziła, iż bez względu na gatunek największą średnicę i liczbę brodawek miały skorupy jaj, z których pisklęta wykluły się samodzielnie.

5. Podsumowanie i wnioski

1. Nie stwierdzono istotnego wpływu wieku ptaków na cechy fizyczne i skład morfologiczny jaj.

2. Wykazano istotne różnice w składzie chemicznym jaj strusich w zależności od wieku niosek. Jaja starszych ptaków charakteryzowały się większą zawartością białka ogólnego i popiołu w obu częściach jaja (białko, żółtko), a także tłuszczu w żółtku.

3. Zawartość cholesterolu całkowitego w żółtku nie zmieniała się istotnie w kolejnych sezonach nieśności, natomiast profil kwasów tłuszczowych podlegał istotnym zmianom. Korzystniejszy stosunek kwasów nienasyconych do nasyconych stwierdzono w lipidach żółtka jaj najmłodszych ptaków.

4. W trakcie 3-letniego okresu badań zmienił się znacząco skład mineralny jaj:

– w żółtkach jaj wzrosło stężenie podstawowych makropierwiastków przy zmniejszającym się udziale większości mikropierwiastków,

– zarówno w żółtku, jak i białku jaj strusich wzrosła kumulacja metali ciężkich (Pb, Cu i Cd),

– w skorupach jaj wzrosła koncentracja wapnia i fosforu przy jednoczesnym obniżeniu zawartości magnezu.

5. Wraz ze wzrostem wieku strusi poprawiły się wskaźniki wylęgowości i zapłodnienie oraz zmniejszył się odsetek piskląt, którym udzielono pomocy w czasie klucia.

6. Krzywą śmiertelności zarodków charakteryzowały 2 szczyty zamierania: pierwszy do 7. doby, drugi zaś w ostatnim tygodniu inkubacji.

7. Skorupy jaj, z których pisklęta wykluły się samodzielnie, cechowała większa porowatość aniżeli skorupy po zarodkach zmarłych i pisklętach, którym udzielono pomocy w czasie klucia.