

Larwy *Anisakis simplex* w śledziach bałtyckich jako organizmy wskaźnikowe w badaniach biologicznych i rybackich. I. Śledź bałtycki i nicienie *A. simplex*: modele infekcji pasożytniczej i wskaźniki migracji ryb.

Anisakis simplex larvae from the Baltic herring as tag organisms in biological and fisheries research. I. Baltic herring and *A. simplex* nematodes: the models of parasitic infection and fish migration tags.

Magdalena Podolska

Morski Instytut Rybacki, ul. Kołłątaja 1, 81-332 Gdynia; E-mail: bilbo@mir.gdynia.pl

ABSTRACT. Models relating infection intensity with *Anisakis simplex* larvae to the fish length and weight were developed and applied to estimate the asymptotic size of herring. Generalized linear models (GLM) were used to analyse the prevalence and intensity of infection as dependent on time and area of sampling and the biological parameters of fish. For the characterization of herring populations in the southern Baltic, two complementary approaches were used: morphometric and meristic analyses to quantify the body shape of herring and the presence of parasites as fish migration tags.

Key words: herring, *Anisakis simplex*, Baltic, model, morphometry, meristics

W pierwszej części artykułu przedstawiono dynamikę infekcji pasożytniczej oraz możliwości wykorzystania obecności *A. simplex*, jako szczególnego rodzaju informacji „zapisanej” w organizmie żywiciela. Przedstawiono model infekcji pasożytniczych, który może być wykorzystany w prognozowaniu zarażenia śledzi larwami *A. simplex*. Modele te ułatwiają określenie czynników determinujących występowanie pasożytów ryb, co pozwala zmniejszyć ryzyko zachorowań ludzi, poprzez planowanie połowów w okresach i rejonach o najmniejszym nasileniu infekcji. Larwy *A. simplex* wykorzystano jako wskaźniki migracji śledzi bałtyckich. Wyniki prezentowanych badań umożliwiły przybliżone oszacowanie tempa migracji śledzi, które można zastosować do symulacji dynamiki zasobów i zarządzania stadami śledzi zachodniego i centralnego Bałtyku.

Cykl rozwojowy *A. simplex*

Nicienie *Anisakis simplex* są pasożytami przewodu pokarmowego waleni, szeroko rozprzestrzenionymi w wielu rejonach geograficznych. W wodach europejskich obecność tego gatunku nicieni wykazano u morświna *Phocoena phocoena* z rejonu cieśnin duńskich i Morza Północnego [1,2], z niemieckiej strefy M. Północnego i Bałtyku [3,4] oraz z wód norweskich i islandzkich [5]. *A. simplex* notowano także u butlonosa *Tursiops truncatus* i delfina białonosego *Lagenorhynchus albirostris* z M. Północnego [1]. Zapłodnione jaja złożone przez samicę nicienia dostają się do wody morskiej wraz z kałem żywicieli ostatecznych. Pierwszym żywicielem pośrednim *A. simplex* są bezkręgowce morskie, głównie eufauzje *Thysanoessa inermis*,

T. longicaudata i *Meganctiphanes norvegica* [6] oraz *Nyctiphanes couchii* i *Thysanoessa raschii* [7,8]. Eufauzje są jednym z głównych składników pożywienia ryb (m. in. śledzi *Clupea harengus*), u których stwierdza się obecność larw *A. simplex*. Ryby pełnią rolę żywicieli paratenicznych – występujące w ich organizmach larwy III stadium nie przechodzą kolejnych etapów rozwoju. Dotyczy to także ryb drapieżnych, u których inwazyjne stadium larwalne jest przenoszone z ryb planktonożernych bez zmiany stadium rozwojowego. W organizmach żywicieli ostatecznych (ssaków morskich) larwy *A. simplex* aktywnie penetrują błonę śluzową żołądka, gdzie odbywają linienie i przechodzą w IV stadium. Larwa IV stadium, po opuszczeniu błony śluzowej żołądka rośnie i odbywa kolejne linienie, osiągając postać dojrzałą, produkującą jaja.

Patogenność larw z rodzaju *Anisakis*

Spożycie ryb zawierających żywe larwy może stanowić zagrożenie dla zdrowia, ze względu na zdolność tych pasożytów do penetracji błony śluzowej przewodu pokarmowego człowieka. Chorobę wywołaną przez nicienie z rodzaju *Anisakis* (a także *Contracaecum* i *Pseudoterranova*) określono mianem anisakidozy [9]. Do zarażenia najczęściej dochodzi w rejonach, gdzie tradycyjnie spożywane są potrawy przyrządzone z surowych ryb, m.in. w Japonii, gdzie opisano ponad 12 tys. zachorowań [10] i corocznie diagnozuje się ok. 2 tys. nowych przypadków [11]. W Europie przypadki anisakidozy notowano we Francji [12], w Hiszpanii [11] i we Włoszech [13,14]. Wzrost zachorowań na anisakidozę, który zanotowano w wielu krajach w ostatnich dwóch dekadach, przypisuje się m.in. modzie na kuchnię orientálną i coraz większej popularności barów sushi.

Zasady postępowania z produktami rybnymi określa dyrektywa Unii Europejskiej [15], zgodnie z którą wszystkie ryby i produkty rybne muszą być poddane kontroli w celu wykrycia i usunięcia wszelkich widocznych pasożytów. Ryby przeznaczone do spożycia w stanie surowym lub prawie surowym powinny zostać zamrożone do temperatury nie wyższej niż -20°C , która zabija nicienie. Obróbka termiczna nie eliminuje jednak termostabilnych alergenów larw *A. simplex* [16].

Śledź bałtycki

Śledź bałtycki często klasyfikowany jest jako

odrębny podgatunek *Clupea harengus membras* [17]. Nie ma naturalnej granicy rozdzielającej ten podgatunek od śledzi żyjących w pobliskich morzach. Lokalne stada, różniące się cechami morfologicznymi i biologicznymi, zasiedlają rejony od Morza Północnego, poprzez Skagerrak, Kattegat i wody Bałtyku aż do Zatoki Botnickiej. W samym Bałtyku występuje wiele lokalnych populacji. Można je zebrać w dwie grupy tarłowe – wiosenną oraz jesienią. W grupie wiosennej, Kompowski [18] wyróżnia śledzie przybrzeżne, rozradzające się u południowych i wschodnich wybrzeży Bałtyku oraz śledzie otwartego morza. Śledzie jesienne różnią się od wiosennych cyklem rozrodczym i odżywczym, cechami merystycznymi, płodnością i strukturą otolitów [19]. Tarło śledzi wiosennych przybrzeżnych rozpoczyna się najczęściej w marcu i trwa do maja włącznie. Po odbyciu tarła, ryby podejmują wędrówki żerowiskowe w rejony otwartych wód Bałtyku. Część z nich dociera w rejony zachodniego Bałtyku i dalej, poprzez Cieśniny Duńskie, aż do Morza Północnego. Jednym z głównych składników pożywienia śledzi żerujących w tych rejonach są eufauzje [20] – pierwszy żywiciel pośredni *A. simplex*. Eufauzje nie występują w Bałtyku, zatem obecność larw *A. simplex* wskazuje, że śledź migrował poza obszar tego morza, co z kolei pozwala na wykorzystanie pasożytów jako markerów wędrówek śledzi.

Powtarzający się z roku na rok cykl migracji żerowiskowych śledzi, podczas których spożywany jest zarażony pokarm, prowadzi do kumulacji larw *A. simplex* w ciele żywiciela. Wraz ze wzrostem długości i wieku, notuje się coraz wyższy odsetek zarażonych śledzi oraz wzrost liczby larw w rybach. Zatem kumulacja pasożytów w czasie może być wyrażona jako np. liniowa funkcja całkowitej ilości pożywienia przyjętego przez rybę. Liczba larw nicieni wzrasta tak długo, jak długo kontynuowane jest spożywanie zarażonego pokarmu. Gdy ryba zbliża się do długości asymptotycznej, kumulacja pasożytów jest kontynuowana mimo bardzo nieznacznego przyrostu długości. Całkowita ilość spożytego pokarmu jest zależna od parametrów równania wzrostu i wieku ryby. W ten sposób, także liczba nicieni w organizmie ryby może być powiązana z powyższymi parametrami i wiekiem żywiciela.

Modelowanie infekcji pasożytniczej

Model, przedstawiający intensywność infekcji pasożytniczej jako funkcję długości ciała żywiciela

został przedstawiony przez des Clers i Margolisa [21] dla dorsza zarażonego *Pseudoterranova decipiens*. Gibson i Jones [22] zastosowali model szacujący długość asymptotyczną dla innych gatunków ryb: gardłosza atlantyckiego (*Hoplostethus atlanticus*) i tuńczyka białego (*Thunnus alalunga*); oraz głownogów; kalmara (*Notodarus sloani*), na podstawie intensywności ich zarażenia larwami *A. simplex*.

Horbowy i Podolska [23] zmodyfikowali model des Clers i Margolisa [21] i zastosowali go do modelowania osobniczej intensywności zarażenia śledzi larwami *A. simplex* jako funkcji rozmiarów żywiciela. Uwzględniono fakt, że do spożycia zarażonego pokarmu może dochodzić dopiero u ryb dwuletnich i starszych. Śledzie osiągają dojrzałość płciową przy długości 21–25 cm i wtedy odbywają pierwsze w życiu tarło. Po tarle, część z nich podejmuje wędrówki w poza bałtyckie rejony żerowiskowe, gdzie występuje pokarm zawierający larwy pasożytów [24]. Podolska [25] wykazała obecność larw *A. simplex* w śledziach, których długość ciała wynosiła co najmniej 21 cm. Zdolność ryb do odbycia dalekich wędrówek jest ograniczona ich rozmiarami ciała. Nøttestad i wsp. [26], w modelu migracji ryb pelagicznych wykazali, że koszt energetyczny długodystansowych wędrówek ryb o długości poniżej 20 cm jest wyższy niż wartość dostarczonej energii. Uwzględniając powyższe obserwacje, w zmodyfikowanym modelu przyjęto, że pierwsze

zetknięcie śledzi z zarażonym pokarmem następuje po osiągnięciu przez rybę długości 21 cm. Założono, że wzrost ryb jest zgodny z równaniem von Bertalanffy'ego, ilość pokarmu przyjętego przez śledzia jest proporcjonalna do kwadratu długości ryby, a liczba pasożytów w jej organizmie jest proporcjonalna do całkowitej ilości pokarmu spożytego w okresie żerowania na zarażonych organizmach. Na podstawie powyższych założeń wyprowadzono wzór:

$$N_l = A[L_\infty^2 \ln\left(\frac{L_\infty}{L_\infty - l}\right) - l(L_\infty + \frac{l}{2})]$$

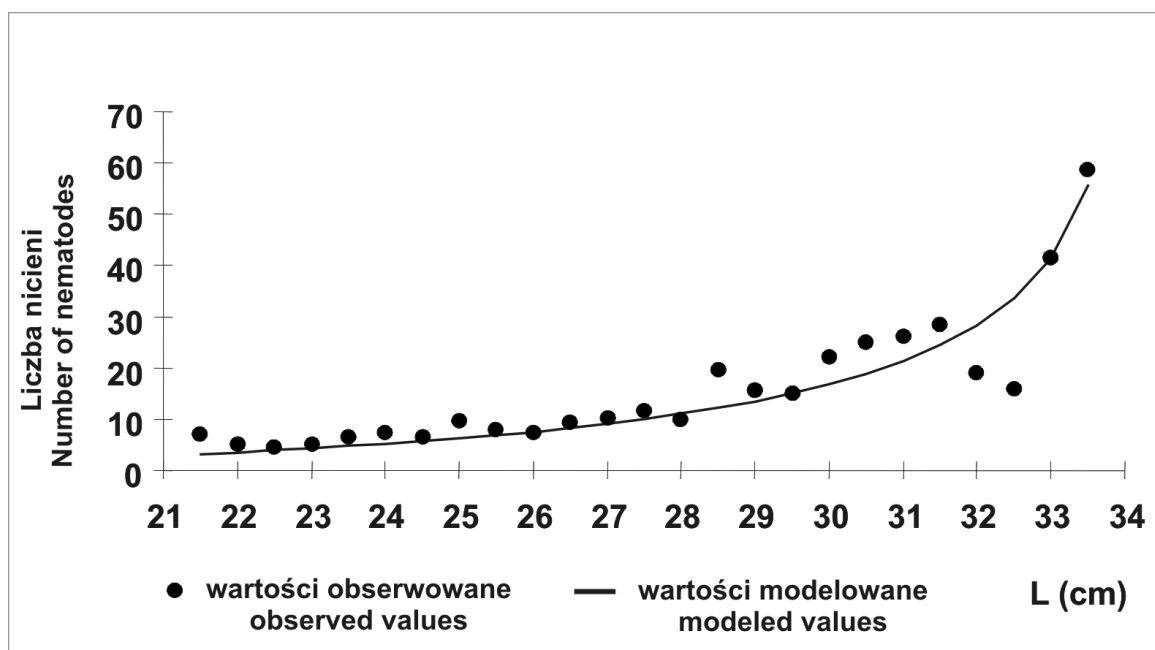
(Zmodyfikowany model des Clers i Margolisa [21] dla *Pseudoterranova decipiens*),

gdzie: $A=ab/K$; N_l – średnia intensywność zarażenia przy długości l ; L_∞ – długość asymptotyczna, K – tempo wzrostu

Ilustrację powyższej zależności liczby nicieni od długości śledzi przedstawiono na Rys. 1.

W podobny sposób opracowano model intensywności zarażenia jako funkcję masy ciała żywiciela [23].

Opracowane modele można zastosować do interpolacji intensywności zarażenia larwami *A. simplex* dla długości żywiciela przy których nie prowadzono obserwacji a także do szacowania parametrów



Rys. 1. Zależność intensywności zarażenia larwami *A. simplex* od długości żywiciela, śledzia bałtyckiego
Fig. 1. The relationship between mean intensity of infection with *A. simplex* larvae and length of host, Baltic herring

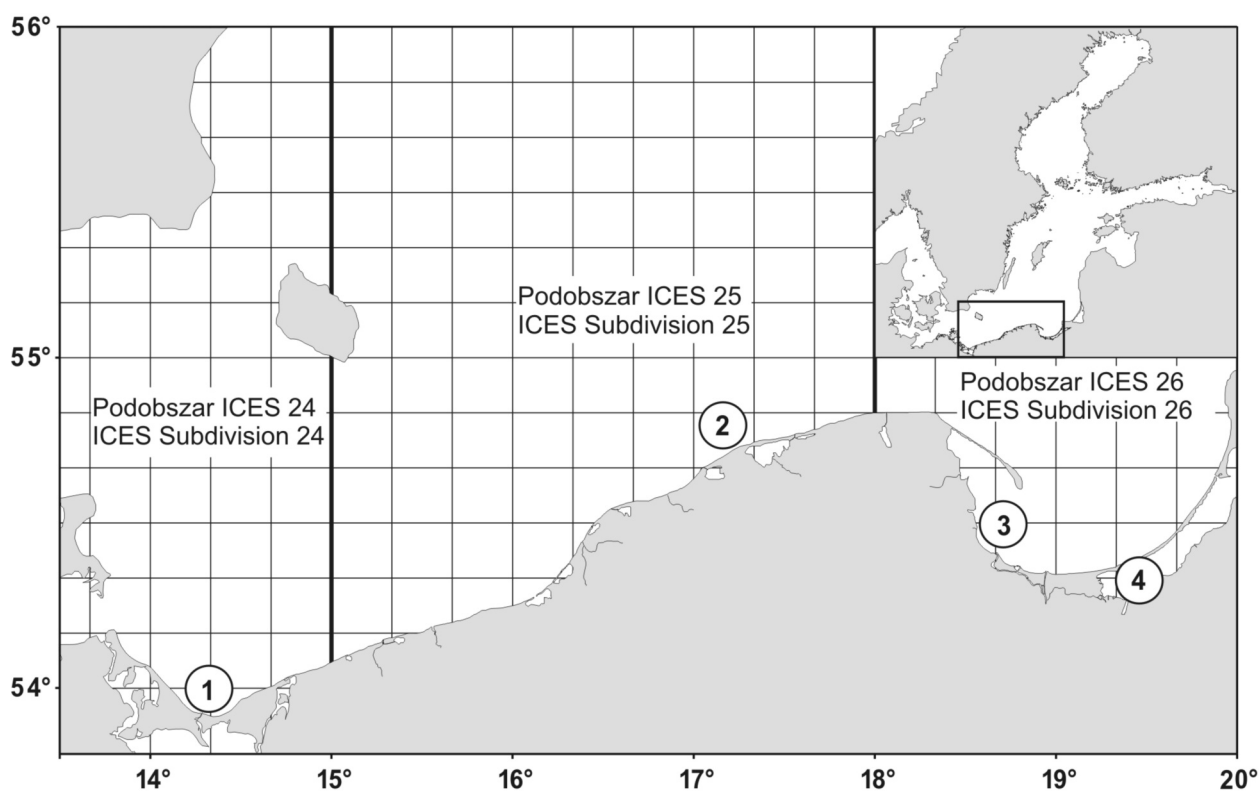
wzrostu ryb gdy brak odczytu wieku lub gdy dla starszych grup wieku dane nie są reprezentatywne.

Tworzenie modeli infekcji pasożytniczej jest ważne w aspekcie patogenności larw *A. simplex* dla człowieka. Określenie czynników determinujących występowanie pasożytów ryb pozwala zmniejszyć ryzyko zachorowań ludzi, przez planowanie połowów w okresach i rejonach o najmniejszym prawdopodobieństwie zarażenia. Ekstensywność i intensywność zarażenia śledzi bałtyckich larwami *A. simplex* zależy od wielu czynników, a zmiany dynamiki w kolejnych latach mogą być odzwierciedleniem zmian zachodzących w środowisku Morza Bałtyckiego. Pierwsze doniesienia o obecności larw *A. simplex* w śledziach bałtyckich przypadają na lata 70. XX w. [27–29]. Od tego czasu zaobserwowano zmiany dynamiki występowania tego gatunku pasożyta u śledzi, wskazujące na rozprzestrzenianie się parazytozy [30,31]. Podolska [25] w badaniach dynamiki występowania larw *A. simplex* w śledziach uwzględniła przynależność ryb do określonych grup tarlowych: śledzi wiosennych otwartego morza, śledzi wiosennych przybrzeżnych i śledzi jesiennego tarła. Przypadki zarażenia stwierdzano niemal wyłącznie w grupie śledzi wiosennych przy-

brzeżnych, a występowanie larw *A. simplex* w rybach reprezentujących pozostałe grupy tarlowe było sporadyczne. Do oceny dynamiki występowania larw *A. simplex* w śledziach bałtyckich zastosowano uogólnione modele liniowe – GLM [31]:

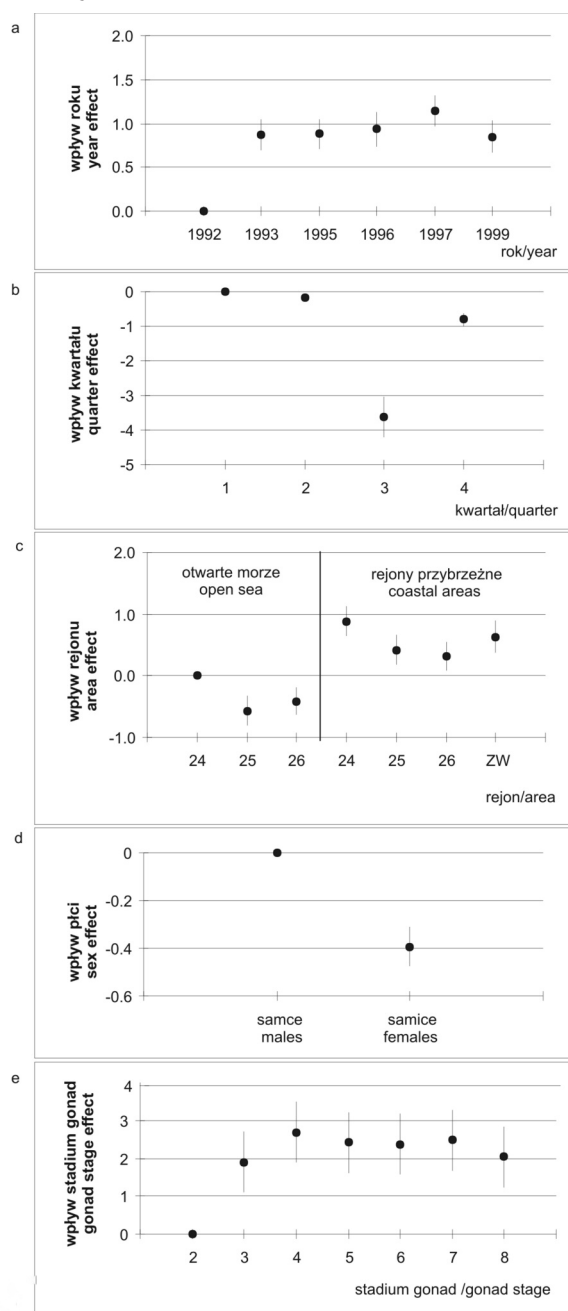
$$G(\text{zarażenie}) = \text{rok} + \text{płeć} + \text{kwartał} + \text{rejon połowu} + \text{stadium gonad} + \text{długość} + \text{kondycja} + \text{interakcje} + \text{błąd losowy}$$

gdzie: G oznacza funkcję wiążącą, a „zarażenie” odnosi się do ekstensywności lub intensywności infekcji. W przypadku ekstensywności zarażenia, założono dwumianowy rozkład zmiennej zależnej i funkcję wiążącą typu logit, natomiast w odniesieniu do intensywności zarażenia – rozkład ujemny dwumianowy i logarytmiczną funkcję wiążącą. We wszystkich modelach GLM, omawianych w ramach niniejszej pracy, wpływ czynników przedstawiony jest w odniesieniu do pierwszego poziomu analizowanego czynnika (tzw. parametryzacja rogowa). Wpływy czynników są przyjęte jako różnice pomiędzy wpływem poziomu danego czynnika a wpływem poziomu czynnika referencyjnego. Stąd wpływ poziomu czynnika referencyjnego wynosi zero, a przedstawione na wykresach wartości ujemne oznaczają, że wpływ poziomu czynnika jest



Rys. 2. Miejsca poboru prób: 1. Zatoka Pomorska; 2. Środkowe Wybrzeże (Rowy); 3. Zatoka Gdańska; 4. Zalew Wiśłany
Fig. 2. Sampling areas: 1. Pomeranian Bay; 2. Middle Coast (Rowy); 3. Gulf of Gdansk; 4. Vistula Lagoon

mniejszy od wpływu czynnika referencyjnego. Model statystyczny dopasowywano drogą eliminacji krokowej.

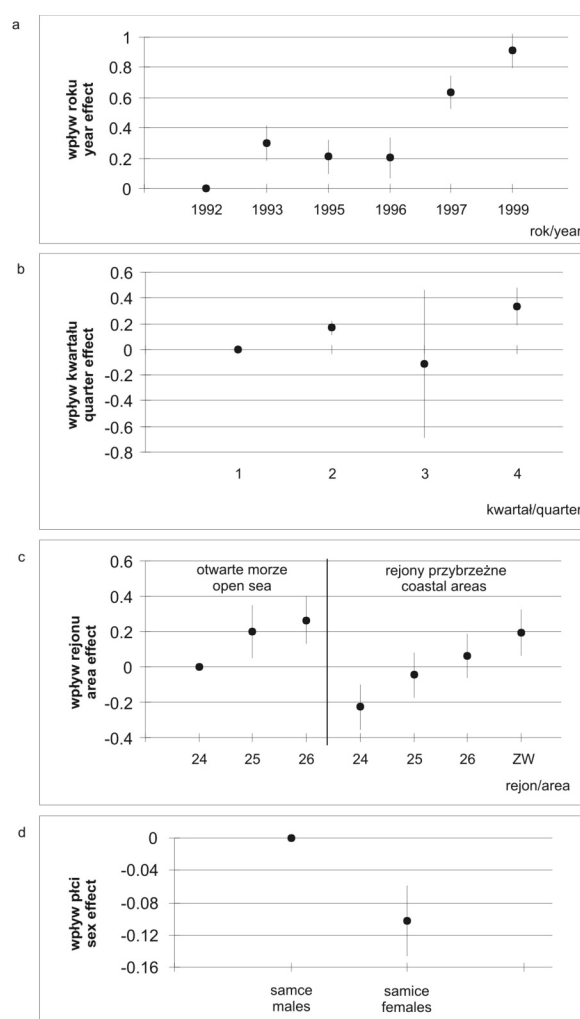


Rys. 3. Ekstensywność zarażenia śledzi larwami *A. simplex* w latach 1992–1999. Wpływ roku (a), kwartału (b), rejonu połowu (c; ZW: Zalew Wiślany), płci (d) i stadium gonad (e) wraz z błędami standardowymi, ocenione w modelu statystycznym. Stadium gonad oznaczono według skali Maiera.

Fig. 3. The prevalence of herring infection with *A. simplex* larvae in 1992–1999. Effects of year (a), quarter (b), area (c; ZW: Vistula Lagoon), sex (d) and gonad stage (e) with their standard errors, estimated in statistical model. Gonad stage was determined according to Maier's scale.

Zmiennymi niezależnymi w modelu były długość i współczynnik kondycji ryb (zmiennie ciągłe) oraz rok, kwartał, rejon połowu (podobszar i rodzaj łowiska), płeć i stadium rozwoju gonad (zmiennie dyskretne, czyli czynniki). Badanie obejmowało śledzie wiosenne przybrzeżne, odłowione w podobszarach ICES 24, 25 i 26 (Rys. 2) w latach 1992–1993, 1995–1997 i 1999. Uwzględniono ryby o długości od 21 cm wzwyż (przypadków zarażenia ryb mniejszych nie stwierdzono).

Ekstensywność zarażenia była istotnie niższa w roku 1992 niż w pozostałych latach (Rys. 3a). W 1. i 2. kwartale odsetek zarażonych śledzi był najwyższy, natomiast w 3. kwartale, (w którym



Rys. 4. Intensywność zarażenia śledzi larwami *A. simplex* w latach 1992–1999. Wpływ roku (a), kwartału (b), rejonu połowu (c; ZW: Zalew Wiślany) i płci (d) wraz z błędami standardowymi, ocenione w modelu statystycznym.

Fig. 4. The intensity of herring infection with *A. simplex* larvae in 1992–1999. Effects of year (a), quarter (b), area (c; ZW: Vistula Lagoon) and sex (d) with their standard errors, estimated in statistical model.

przypadki zarażenia notowano sporadycznie) ekstensywność zarażenia była ekstremalnie niska (Rys. 3b). Najwyższy wpływ rejonu oceniono dla podobszaru 24, przy czym wykazano, że w rejonach przybrzeżnych ekstensywność zarażenia była wyższa niż w rejonach otwartego morza (Rys. 3c). Samce były bardziej zarażone niż samice (Rys. 3d), a najwyższy wpływ stadium rozwoju gonad (Rys. 3e) zanotowano w stadiach przedtarłowych (4 i 5), tarłowych (6 i 7) i wytartych (8). Stadium rozwoju gonad oznaczono według 8-stopniowej skali Maiera. Wysoce istotnie statystycznie i dodatnio skorelowane z ekstensywnością zarażenia były długość i współczynnik kondycji badanych ryb.

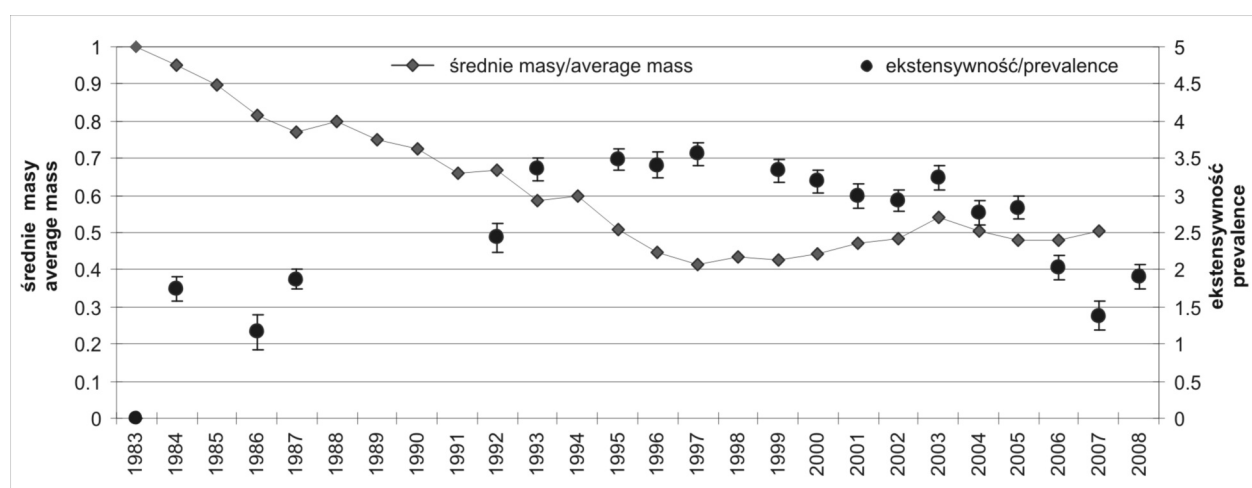
Intensywność zarażenia wzrastała od roku 1997 (Rys. 4a). Nie stwierdzono różnic w intensywności zarażenia pomiędzy kwartałami 1., 2. i 4. (Rys. 4b), jednak po wykluczeniu z obliczeń 3. kwartału (obejmującego tylko 3 zarażone śledzie) zaobserwowano istotny, liniowy wzrost intensywności zarażenia w kolejnych kwartałach. Najwyższy wpływ na intensywność zarażenia miała długość badanych ryb. W przeciwieństwie jednak do ekstensywności, stwierdzono wyższą intensywność zarażenia w rejonach otwartego morza niż w wodach przybrzeżnych (Rys. 4c). Intensywność zarażenia wzrastała w kierunku wschodnim. Najwyższe jej wartości zaobserwowano w Zalewie Wiślanym oraz w podobszarze 26, zarówno w rejonach przybrzeżnych, jak i na łowiskach otwartego morza. Intensywność zarażenia była istotnie wyższa u samców niż u samic (Rys. 4d).

W latach 80. i 90. obserwowano spadek masy ciała w grupach wieku u śledzi bałtyckich, osiągający nawet 50–60% [32]. Zjawisko to było w dużym stopniu spowodowane ubożeniem bazy pokarmowej w Bałtyku [33–35]. Wyniki analiz ekstensywności zarażenia śledzi larwami *A. simplex*, aktualizowane o bieżące dane [31,36], obejmujące okres 1983–2008, wskazują na znaczną stabilność ocen parametrów, gdyż po uwzględnieniu nowych danych, parametry modeli zmieniły się tylko nieznacznie. Liczebność śledzi wiosennych przybrzeżnych, analizowanych w latach 1983–2008 przedstawiono w Tabeli 1. Wpływ roku jest ujemnie skorelowany ($r = -0.79$) ze średnimi masami śledzi [37] (Rys. 5). Sugeruje to, że niekorzystne warunki pokarmowe mogły zmuszać śledzie do wędrówek poza Bałtyk, w poszukiwaniu lepszych żerowisk.

Wskaźniki migracji

W dotychczas stosowanej ocenie stanu zasobów Międzynarodowa Rada Badań Morza (ICES) traktuje jako osobne stada (rozumiane jako tzw. jednostki szacowania zasobów) zasoby śledzi zachodniobałtyckich (wody na zachód od Bornholmu) i centralnego Bałtyku (wody na wschód od Bornholmu), nie uwzględniając odbywających się pomiędzy nimi migracji. Tymczasem skala tych migracji może być znaczna, na co wskazywał zwiększający się w ostatnich 20. latach udział śledzi zarażonych larwami *A. simplex* w polskich obszarach morskich [36].

Według niektórych autorów, zarażone śledzie, poławiane w centralnym Bałtyku reprezentują sta-



Rys. 5. Ekstensywność zarażenia śledzi larwami *A. simplex* (1983–2008) i średnie masy osobnicze śledzi odławianych w latach 1983–2007 (w odniesieniu do roku 1983)

Fig. 5. The prevalence of herring infection with *A. simplex* (1983–2008) and average individual mass (relative to mass in 1983) of herring caught in 1983–2007

do zachodnie. Strzyżewska i Popiel [38] dokonali analizy tempa wzrostu i liczby kręgów zarażonych śledzi z Zatoki Gdańskiej. Na tej podstawie określili osobniki zarażone larwami *A. simplex* jako typowe dla śledzi z rejonu Rugii i Zatoki Pomorskiej (czyli reprezentujące zachodnie stado). Grabda [29] zaliczyła zarażone larwami *A. simplex* śledzie z Zatoki Pomorskiej do śledzi zachodniego Bałtyku, na podstawie stopnia ich zarażenia, struktury otolitów i stadium dojrzałości gonad.

Wyniki przedstawione przez Tshervontsev'a i wsp. [39] nie wskazują jednoznacznie, do jakiej grupy należą śledzie zarażone larwami *A. simplex*, poławiane we wschodnim Bałtyku. Ich struktura otolitu i tempo wzrostu są charakterystyczne dla typu zachodniego, jednakże początkowe przyrosty otolitów u zarażonych śledzi są zbliżone do przyrostów typowych dla populacji lokalnych, a dopiero z wiekiem ryb upodabniają się do obserwowanych u zachodnich śledzi. Zatem możliwe jest wysnucie odmiennych wniosków – zarażone śledzie należą do śledzi centralnego Bałtyku, a podejmując wędrówki w rejony pozabałtyckie, znajdują lepsze warunki pokarmowe i z czasem ich tempo wzrostu

upodabnia się do tempa wzrostu śledzi tam występujących. Według Jönssona i Biesterera [40] u śledzi z południowego Bałtyku występuje zjawisko tzw. homingu, czyli powracania ryb w ich macierzyste rejony. Zjawisko to, jeśli rzeczywiście występuje, mogłoby wskazywać na przynależność zarażonych osobników do populacji wywodzących się z centralnego Bałtyku.

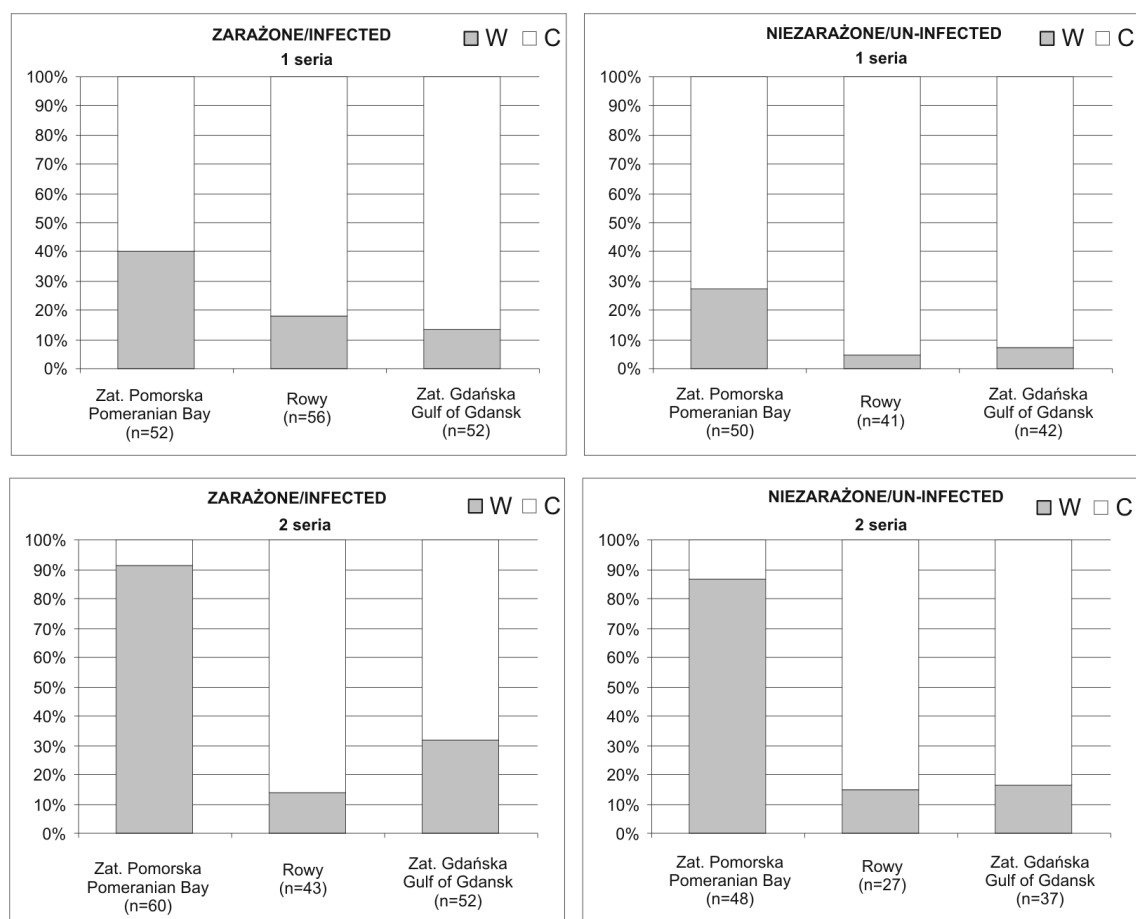
Różnice pomiędzy populacjami śledzi badano stosując szereg metod, wśród których analiza morfometryczno-merystyczna [41,42] jest często wykorzystywanym wzorcem. Populacje śledzi z zachodniego Bałtyku były rozróżniane na podstawie średniej liczby kręgów [43]. Johansen i Jørgensen [44] wyróżniali populacje śledzi z Morza Północnego i zachodniego Bałtyku na podstawie cech morfometrycznych i merystycznych, które poddano analizie wariacji wieloczynnikowej. Gröger i Gröhler [45] zastosowali model statystyczny do rozróżniania śledzi wiosennych i jesiennych zachodniego Bałtyku oraz Skagerraku i Kattegatu.

Podolska i wsp. [46] wykorzystali larwy *A. simplex* jako wskaźniki migracji śledzi. Jak wcześniej wspomniano, eufauzje – główne źródło zarażenia

Tabela 1. Liczebność śledzi wiosennych przybrzeżnych, analizowanych w latach 1983-2008 (w klasach długości 21-30+)

Table 1. The number of coastal spring spawning herring sampled by year and area (length classes 21 - 30+)

rok/year	otwarte morze/open sea			łowiska przybrzeżne/coastal areas			Zalew Wisłany Vistula Lagoon	Suma
	ICES 24	ICES 25	ICES 26	ICES 24	ICES 25	ICES 26		
1983		2083			725			2808
1984		661			287			948
1986	28	432		78	50			588
1987	31	608	452	80	600	445	134	2350
1992		45	318	78	63	134		638
1993	90	280	470	99	96	205		1240
1995	117	573	484	168	107	339	255	2043
1996		477	485	60		66	28	1116
1997	79	294	467	184	228	133	130	1515
1999	58	336	417	86	110	164	101	1272
2000	74	187	320	240	147	198	224	1390
2001	135	319	107	241	47	83		932
2002	57	502	191	269	147	246	213	1625
2003	164	305	174	297	83	131	103	1257
2004	5	335	168	240	109	33	65	955
2005	46	369	281	345	7	77		1125
2006	13	191	66	169	127	63	113	742
2007	14	243	224	304		6		791
2008	32	243	248	284	88	43	109	1047
Suma	943	8483	4872	3222	3021	2366	1475	24382



Rys. 6. Klasyfikacja śledzi do populacji W (śledzie zachodnie) lub C (śledzie centralnego Bałtyku) uzyskana w Analizie Dyskryminacyjnej cech morfometrycznych i merystycznych

Fig. 6. Herring allocation to W (western stock) or C (central Baltic stock) obtained by Discriminant Analysis of morphometric and meristic characters

śledzi larwami *A. simplex* – nie występują w Bałtyku, zatem obecność tych pasożytów wskazuje, że śledź migrował w rejon, w którym występują eufauzie i odżywił się tymi organizmami. Podolska i wsp. [46] poddali weryfikacji następujące hipotezy: 1. zarażone śledzie należą do populacji odbywającej tarło w rejonie wyspy Rugii (tzw. śledzie „rugijskie”), 2. zarażone śledzie stanowią mieszaną grupę – część z nich reprezentuje populację rugijską, a część – populację śledzi centralnego Bałtyku.

W celu określenia przynależności populacyjnej śledzi, wykonano pomiary morfometryczne (10 cech) i merystyczne (liczba kręgów i wyrostków filtracyjnych) osobników odłowionych w trzech rejonach południowego Bałtyku: Zatoka Pomorska (Świnoujście), Środkowe Wybrzeże (Rowy) i Zatoka Gdańska (Orłowo) (Rys. 1). Wyboru cech dokonano na podstawie sprawdzonej użyteczności w wy-

różnianiu populacji śledzi [47,48]. Ryby podzielono na grupy reprezentujące osobniki zarażone i wolne od larw nicieni. Do statystycznej analizy danych zastosowano uogólnione modele liniowe, analizę wariancji wielu zmiennych (MANOVA) oraz test Mann-Whitneya. Wyniki uzyskane w modelach GLM i teście MANOVA wykazały istotne różnice cech merystycznych i morfometrycznych pomiędzy rybami zarażonymi i wolnymi od pasożytów oraz istotny efekt rejonu poboru prób. Następnie zastosowano Analizę Skupień (CA), Analizę Składowych Głównych (PCA) oraz Analizę Dyskryminacyjną (DA). Na podstawie wyników uzyskanych w testach statystycznych oraz CA i PCA, wytypowano dwie grupy śledzi (najbardziej różne pod względem analizowanych cech), jako reprezentujące odmienne populacje. Wybrane grupy zostały wykorzystane jako wzorce w analizie dyskryminacyjnej, którą za-

stosowano w celu zaklasyfikowania poszczególnych ryb do określonej populacji: W – reprezentującej śledzie zachodnie lub C – śledzie centralnego Bałtyku. Następnie określono udział poszczególnych populacji (W i C) w badanych rejonach (Rys. 6). Wyniki statystycznych analiz morfometrycznych i merystycznych wykazały, że śledzie zarażone larwami *A. simplex* stanowią grupę mieszaną, w skład której wchodzi zarówno osobniki reprezentujące populacje zachodnie jak i populacje centralnego Bałtyku [46]. Klasyfikacja ryb do określonych populacji umożliwiła przybliżone oszacowanie tempa migracji śledzi, które można wykorzystać do symulacji dynamiki zasobów i zarządzania stadami śledzi zachodniego i centralnego Bałtyku. Na podstawie wykonanych symulacji wielkości prognozowanej biomasy oraz połowów wykazano, że uwzględnienie w obliczeniach migracji stad prowadzi do prognozowanych biomasy i połowów różniących się od wyników uzyskiwanych w modelu pomijającym migracje w granicach 5–20% [49].

Literatura

- [1] Smith J.W., Wootten R. 1978. Anisakis and anisakiasis. *Advances in Parasitology* 16: 93–148.
- [2] Herreras M.V., Kaarstad S.E., Balbuena J.A. 1997. Helminth parasites of the digestive tract of the harbour porpoise *Phocoena phocoena* in Danish waters: a comparative geographical analysis. *Oceanographic Literature Review* 44: 163–167.
- [3] Siebert U., Wünschmann A., Weiss R., Frank H., Benke H., Frese K. 2001. Post-mortem findings in harbour porpoises (*Phocoena phocoena*) from the German North and Baltic Seas. *Journal of Comparative Pathology* 124: 102–114.
- [4] Wünschmann A., Siebert U., Frese K., Lockyer C., Heide-Jørgensen M.P., Müller G., Baumgärtner W. 2001. Evidence of infectious diseases in harbour porpoises (*Phocoena phocoena*) hunted in the waters of Greenland and by-caught in the German North Sea and Baltic Sea. *Veterinary Record* 148: 715–720.
- [5] Siebert U., Tolley K., Vikingsson G.A., Olafsdottir D., Lehnert K., Weiss R., Baumgartner W. 2006. Pathological findings in harbour porpoises (*Phocoena phocoena*) from Norwegian and Icelandic waters. *Journal of Comparative Pathology* 134: 134–142.
- [6] Smith J.W. 1971. *Thysanoessa inermis* and *T. longicaudata* (Euphausiidae) as first intermediate hosts of *Anisakis* sp. (Nematoda: Ascaridata) in the northern North Sea, to the north of Scotland and at Faroe. *Nature* 234: 478.
- [7] Smith J.W. 1983. Larval *Anisakis simplex* (Rudolphi, 1809 det. Krabbe, 1878) and larval *Hysterothylacium* sp. (Nematoda: Ascaridoidea) in euphausiids (Crustacea: Malacostraca) in the north-east Atlantic and northern North Sea. *Journal of Helminthology* 57: 167–177.
- [8] Smith J.W. 1983. *Anisakis simplex* (Rudolphi, 1809 det. Krabbe, 1878) (Nematoda: Ascaridoidea): Morphology and morphometry of larvae from euphausiids and fish, and a review of the life-history and ecology. *Journal of Helminthology* 57: 205–224.
- [9] Oshima T. 1972. Anisakis and anisakiasis in Japan and adjacent area. In: *Progress of Medical Parasitology in Japan* 4. (Eds. K. Morishita, Y. Komiya, H. Matsubayashi). Meguro Parasitological Museum, Tokyo, Japan: 301–393.
- [10] Ishikura H., Kikuchi K., Nagasawa K., Ooiwa T., Takamiya H., Sato N., Sugane K. 1993. Anisakidae and anisakidosis. *Progress in Clinical Parasitology* 3: 43–102.
- [11] Audicana M.T., Ansotegui I.J., de Corres L.F., Kennedy M.W. 2002. *Anisakis simplex*: dangerous – dead and alive? *Trends in Parasitology* 18: 20–25.
- [12] Bouree P., Paugam A., Petithory J.C. 1995. Anisakidosis: report of 25 cases and review of the literature. *Comparative Immunology and Infectious Diseases* 18: 75.
- [13] Montalto M., Miele L., Marcheggiano A., Santoro L., Curigliano V., Vastola M., Gasbarrini G. 2005. *Anisakis* infestation: a case of acute abdomen mimicking Crohn's disease and eosinophilic gastroenteritis. *Digestive and Liver Disease* 37: 62–64.
- [14] Pellegrini M., Occhini R., Tordini G., Vindigni C., Russo S., Marzocca G. 2005. Acute abdomen due to small bowel anisakiasis. *Digestive and Liver Disease* 37: 65–67.
- [15] (EC) European Commission 1991. Council Directive no. 91/43/EEC laying down the health conditions for the production and the placing on the market of fishery products.
- [16] Baeza M.L., San Martin M.S. 2000. Heat stability of *Anisakis simplex* larvae antigens. *Alergología e Inmunología Clínica* 15: 240–246.
- [17] Svetovidov A.N. 1952. Sledvye (Clupeidae). Fauna SSSR. Zoologicheskij Institut Akademii Nauk SSSR, Moskwa.
- [18] Kompowski A. 1971. Typy otolitów śledzi południowego Bałtyku. *Prace MIR* 16, Seria A: 109–141.
- [19] Popiel J. 1984. On the biology of the Baltic herring. *Reports of the Sea Fisheries Institute* 19: 1–16.
- [20] Last J.M. 1989. The food of herring, *Clupea harengus*, in the North Sea, 1983–1989. *Journal of Fish Biology* 34: 489–501.
- [21] des Clers Y.M.M., Margolis L. 1955. A statistical examination of *Anisakis* larvae (Nematoda) in herring (*Clupea pallasii*) of the British Columbia coast.

- Journal of the Fisheries Research Board, Canada* 12: 571–592.
- [22] Gibson D., Jones J. B. 1993. Fed up with parasites? A method for estimating asymptotic growth in fish populations. *Marine Biology* 117: 495–500.
- [23] Horbowy J., Podolska M. 2001. Modelling infection of Baltic herring (*Clupea harengus membras*) by larval *Anisakis simplex*. *ICES Journal of Marine Science* 58: 321–330.
- [24] Kühlmorgen-Hille G. 1979. Infestation rate of herring in the western Baltic Sea with *Anisakis* spec. ICES, C.M./J:5.
- [25] Podolska M. 1996. Występowanie i patogenność nicieni *Anisakis simplex* B u śledzia bałtyckiego i wybranych ssaków lądowych. Rozprawa doktorska, Uniwersytet Gdański. 124 pp.
- [26] Nøttestad L., Giske J., Holst J.H., Huse G. 1999 A length-based hypothesis for feeding migrations in pelagic fish. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 56 (Suppl.1): 26–34.
- [27] Lubieniecki B. 1972. The occurrence of *Anisakis* sp. larvae (Nematoda) in herring from the Southern Baltic. ICES, C.M./H:21, 3.
- [28] Rokicki J. 1972. Larwy *Anisakis* sp. u śledzi *Clupea harengus* L. w Bałtyku. *Wiadomości Parazytologiczne* 18: 89–96.
- [29] Grabda J. 1974. The dynamics of the nematode larvae *Anisakis simplex* (Rud.) invasion in the southwestern Baltic herring (*Clupea harengus* L.). *Acta Ichthyologica et Piscatoria* 4: 3–21.
- [30] Weber W., Neudecker T. 1988. *Anisakis* larvae in herring of the western Baltic. ICES CM 1988/J: 2.
- [31] Podolska M., Horbowy J. 2003. Infection of Baltic herring (*Clupea harengus membras*) with *Anisakis simplex* larvae, 1992–1999: a statistical analysis using generalized linear models. *ICES Journal of Marine Science* 60: 85–93.
- [32] ICES. 2005. Report of the Baltic Fisheries Assessment Group. ICES CM 2005/ACFM: 19.
- [33] Arrhenius F., Hansson S. 1993. Food consumption of larval, young and adult herring and sprat in the Baltic Sea. *Marine Ecology Progress Series* 96: 125–137.
- [34] Horbowy J. 1997. Growth of the Baltic herring as a function of stock density and food resources. *Acta Ichthyologica et Piscatoria* 27: 27–39.
- [35] Cardinale M., Arrhenius F. 2000. Decreasing weight-at-age of Atlantic herring (*Clupea harengus*) from the Baltic Sea between 1986 and 1996: a statistical analysis. *ICES Journal of Marine Science* 57: 882–893.
- [36] Podolska M. 2006. *Anisakis simplex* larvae in Baltic herring (*Clupea harengus membras*): trends of infection in 1983–2005. In: Materials of 11th International Congress of Parasitology, 6–11 August 2006, Glasgow, UK.
- [37] ICES. 2008. Report of the Baltic Fisheries Assessment Group. ICES WGBFAS Report 2008.
- [38] Strzyżewska K., Popiel J. 1974. Characteristic of herring infested by *Anisakis* larvae caught in the Gulf of Gdańsk. ICES, C.M./H: 15
- [39] Tshervontsev V., Fetter M., Bismanis K. 1994: The eastern Baltic herring invaded by *Anisakis simplex* (Rudolphi, 1809) larvae. ICES C.M. J: 11.
- [40] Jönsson N., Biester E. 1979. Results of tagging experiments on the Rügen spring herring 1977/78. ICES Document C.M./J: 29.
- [41] Pope J.A., Hall W.B. 1970. A statistical analysis of morphometric characters in the Buchan and Kobbergrund herring. ICES C.M. 1970/H: 32.
- [42] Ojaveer E. 1980. On morphometric differences in spring and autumn Baltic herring, *Clupea harengus membras*, in the Gulf of Riga. *Journal of Ichthyology* 20: 38–44.
- [43] Jensen A.J.C. 1957. Danish herring investigations in the Skagerrak, Kattegat, Belts and Baltic. *Annals of Biology* 14: 191–194.
- [44] Johannessen A., Jørgensen T. 1991. Stock structure and classification of herring (*Clupea harengus* L.) in the North Sea, Skagerrak, Kattegat and Western Baltic based on a Multivariate analysis of morphometric and meristic characters. In: Proceedings of International Herring Symposium 1990, Anchorage, Alaska, (Eds. V. Wespestad, J. Collie, E. Collie): 223–224.
- [45] Gröger J., Gröhsler T. 2001. Comparative analysis of alternative statistical models for differentiation of herring stocks based on meristic characters. *Journal of Applied Ichthyology* 17: 207–219.
- [46] Podolska M., Horbowy J., Wszyński M. 2006. Discrimination of Baltic herring populations with respect to *Anisakis simplex* larvae infection. *Journal of Fish Biology* 68: 1241–1256
- [47] Meng H.J., Stocker M. 1984. An evaluation of morphometrics and meristics stock separation of Pacific herring (*Clupea harengus pallasii*). *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 41: 414–422.
- [48] Parmanne R. 1990. Growth, morphological variation and migration of herring (*Clupea harengus*) in the northern Baltic Sea. *Finnish Fisheries Research* 10: 1–48.
- [49] Horbowy J. 2005. Assessing Baltic herring fish stocks with a model which incorporates migration. *Fisheries Research* 76: 266–276.

Wpłynęło 20 marca 2009

Zaakceptowano 2 czerwca 2009