



INSTYTUT RYBACTWA
ŚRÓDLĄDOWEGO
IM. STANISŁAWA SAKOWICZA

S. SAKOWICZ
INLAND FISHERIES
INSTITUTE

Zmienność wskaźników morfometrycznych i użytkowych wdzydzkiej troci jeziorowej (*Salmo trutta* m. *lacustris* L.)

mgr inż. Robert Stabiński

Praca doktorska wykonana pod kierunkiem
dr hab. inż. Jarosława Króla, prof. instytutu

Promotor pomocniczy
dr inż. Dariusz Ulikowski

Olsztyn 2022



INSTYTUT RYBACTWA
ŚRÓDLĄDOWEGO
IM. STANISŁAWA SAKOWICZA

S. SAKOWICZ
INLAND FISHERIES
INSTITUTE

Variability of morphometric and rearing-utility indices of
lacustrine trout (*Salmo trutta* m. *lacustris* L.) originally
derived from Lake Wdzydze

Robert Stabiński, MSc

Supervisor of doctoral dissertation

Jarosław Król, PhD, DSc, associate professor

Assistant Supervisor of doctoral dissertation

Dariusz Ulikowski, PhD

Olsztyn 2022

Składam serdeczne podziękowania promotorowi pracy
Dr hab. Jarosławowi Królowi, prof. IRS za wyjątkowe
wsparcie, ogromną wyrozumiałość, cenne rady merytoryczne
oraz pomoc okazaną przy realizacji tej pracy.
Pragnę również podziękować za okazane wsparcie
i pomoc wszystkim osobom, dzięki którym ta praca powstała.

Spis treści

1. Wstęp	5
Środowisko życia a zmienność morfologiczna ryb	5
Wpływ domestykacji na zmienność morfologiczną ryb	5
Charakterystyka i różnicowanie ekologiczne troci	6
Troć jeziorowa i jej status w wodach Polski	12
2. Cel pracy.....	16
3. Materiał i metody	17
Pochodzenie i charakterystyka materiału badawczego	17
Analiza tempa wzrostu	17
Analiza cech merystycznych	20
Analiza cech biometrycznych.....	20
Kanoniczna analiza dyskryminacyjna cech merystycznych i biometrycznych.....	22
Analiza wybranych indeksów hodowlanych	23
4. Wyniki	25
Wzrost ryb	25
Cechy merystyczne.....	25
Analiza dyskryminacyjna cech merystycznych.....	28
Cechy biometryczne	29
Analiza dyskryminacyjna cech biometrycznych (metoda Pravdina)	39
Analiza dyskryminacyjna cech biometrycznych (metoda „truss network”)	40
Indeksy hodowlane	41
5. Dyskusja	43
6. Wnioski.....	55
7. Literatura	57
8. Tabele.....	76
9. Rysunki.....	101
10. Streszczenie	112
11. Summary	116

1. Wstęp

Środowisko życia a zmienność morfologiczna ryb

Zmienność morfologiczna obejmująca m.in. cechy morfometryczne, jak i merystyczne organizmów żywych leży u podstaw współczesnej taksonomii, a szerzej rzecz ujmując, systematyki. Różnorodność poszczególnych cech morfologicznych umożliwia wyodrębnienie jednostek taksonomicznych, począwszy od tych stojących najwyżej w klasyfikacji aż do gatunku, z uwzględnieniem jego wewnętrznej zmienności (Mayr 1974). Ryby wykazują dużą zmienność cech zarówno między - jak i wewnątrzgatunkowych, wynikającą z konieczności dostosowania się organizmu do warunków środowiska, w którym żyją (Svanbäck i Eklöv 2002). Taka adaptacja skutkuje zazwyczaj szeregiem zmian i przystosowań umożliwiających optymalne, a często warunkujące prawidłowe pod kątem fizjologicznym funkcjonowanie organizmu. Przykładem takich przystosowań jest przebieg procesu smoltyfikacji u ryb łososiowatych, związany ze zmianą środowiska życia i przejściem osobników z wód słodkich do morskich (Dębowski 2002). W procesie tym, oprócz fizjologii poszczególnych narządów, zmienia się także wygląd fizyczny osobników, zanikają charakterystyczne dla stadium narybkowego plamy na ciele, ryba przybiera srebrne ubarwienie, a jej kształt ulega wysmukleniu (Dębowski i in. 1999ab).

Zmiany morfologiczne osobników w obrębie gatunku utożsamia się z ich fenotypową plastycznością, definiowaną jako zdolność genotypu organizmu do wytworzenia określonego fenotypu w odpowiedzi na zmieniające się warunki środowiska (Stearns 1989, Scheiner 1993, Agrawal 2001, Price i in. 2003). Z przytoczonej definicji wynika jasno, iż fenotypowa plastyczność organizmów żywych uznawana za ważny mechanizm adaptacyjny jest wypadkową zarówno czynników genetycznych jak i środowiskowych, a ściślej mówiąc, ich wzajemnego oddziaływania (Stearns 1989, Scheiner 1993, Pigliucci i Schlichting 1995, Fordyce 2006, Vehanen i Huusko 2011). Dostosowanie to jest funkcją czasu i gradientu występującej zmiany, objawiającej się różnicami poszczególnych cech morfometrycznych i merystycznych, zwiększającej możliwość przeżycia organizmu w nowych warunkach środowiska (Kinnison i Hendry 2004). Morfologia ciała ryb może zmieniać się pod wpływem wielu czynników, zarówno abiotycznych jak i biotycznych (Robinson i Parsons 2002, Keeley i in. 2007), wśród których najlepiej poznanymi są m.in. przepływ wody (Pakkasmaa i Piironen 2001b, Imre i in. 2002), obecność drapieżników (Bronmark i Miner 1992,

Eklöv i Jonsson 2007) czy typ i struktura siedliska (Olsson i Eklöv 2005, Sass i in. 2006). Nie bez znaczenia jest także dostępność pokarmu, temperatura wody i jej zasolenie oraz przejrzystość, które w istotny sposób wpływają na cechy biometryczne ryb (Starmach 1955, Wojno 1961, Backiel i Bartel 1967, Beacham i Murray 1986, Radtke 2005, Price 2006). Również cechy merystyczne, takie jak liczba promieni płetw mogą być modyfikowane przez czynniki środowiskowe, zwłaszcza we wczesnym okresie rozwoju ontogenetycznego ryb (Lindsey 1988). Ryby łososiowate charakteryzuje stosunkowo duża zmienność morfologiczna (Beacham 1990, Robinson i Parsons 2002, Solem i in., 2006), która prawdopodobnie wynika z ich plastyczności fenotypowej (Swain i in. 1991). Gatunki tych ryb lub ich formy żyjące w rzekach są zazwyczaj smuklejsze, mają płetwy mniejszych rozmiarów niż te, które żyją w wodach wolno płynących i stojących (Skrochowska 1953, Bartel 1964, Backiel i Bartel 1967, Nicieza 1995). Dlatego też zmienność cech morfologicznych poszczególnych osobników może być wykorzystywana do rozróżniania ryb zarówno na poziomie wewnątrz, jak i międzygatunkowym (Klingenberg i in. 2003, Letcher i Gries 2003, Cheng i in. 2005, Yakubu i Okunsebor 2011, Liasko i in. 2012).

Wpływ domestykacji na zmienność morfologiczną ryb

Specyficznymi warunkami życia zwierząt jest środowisko, które stworzył człowiek wprowadzając, a następnie udoskonalać, metody ich chowu i hodowli. Ukierunkowana hodowla zwierząt, w tym ryb, polega na wieloletnim, głównie intencjonalnym, krzyżowaniu osobników z jednej strony najbardziej podatnych na warunki hodowli, a z drugiej takich, które zagwarantują osiągnięcie odpowiednich korzyści ekonomicznych (Gjedrem i Baranski 2009). Takie podejście wiąże się bezsprzecznie z prowadzeniem selekcji ukierunkowanej na zwiększenie przeżywalności, tempa wzrostu, wydajności rzeźnej, uzyskania zdolności reprodukcyjnej czy odporności na czynniki streso- i patogenne (Vandeputte i Prunet 2002, Huntingford i Adams 2005, Matsuzaki i in. 2009). Stąd też, ryby hodowlane wykazują czasem zupełnie odmienny fenotyp w porównaniu do ich dzikich odpowiedników, np. hodowlane karpie (*Cyprinus carpio*) mają zupełnie inny pokrój ciała niż osobniki żyjące w środowisku naturalnym (Matsuzaki i in. 2009). Sztucznie stworzone przez człowieka środowisko życia powoduje, iż potrzeby adaptacyjne ryb są diametralnie różne niż te, które dotyczą dziko żyjących przedstawicieli tych samych gatunków (Thorpe 2004). Biorąc pod uwagę hodowlę ryb niebagatelne znaczenie ma jej

charakter. W przypadku klasycznych stawów typu karpiego ryby przebywają w środowisku zbliżonym do warunków naturalnych, podczas gdy ryby w hodowlach intensywnych przetrzymywane są w nienaturalnie dużych zagęszczeniach. Dodatkowo, w hodowli z wykorzystaniem systemów recyrkulacyjnych ryby mają częstszy kontakt z człowiekiem, ponieważ poddawane są ciągłym manipulacjom (przenoszenie, sortowanie, zabiegi profilaktyczne i lecznicze) (Żarski i Czarkowski 2011). Stąd najprawdopodobniej zmiany morfologiczne u ryb, pochodzących z intensywnych hodowli, są zauważalne zdecydowanie szybciej niż w przypadku ryb stawowych. Potwierdzają to badania na gatunkach wprowadzanych do akwakultury, u których już w pierwszym pokoleniu można dostrzec duże zmiany w ich behawiorze, jak również fizjologii (Krejszeff i in. 2009, 2010).

Z hodowlą zwierząt nierozłącznie wiąże się pojęcie ich domestykacji, czyli udomowienia, które definiuje się jako całokształt procesów natury morfologicznej, fizjologicznej i socjalnej zwierząt, zachodzących pod wpływem sztucznego doboru ich cech oraz specyficznych warunków środowiska hodowlanego (Clutton-Brock 1999). Udomowienie jest zatem procesem w znacznym stopniu przekształcającym organizmy żywe. Dotyczy to zarówno ich cech fenotypowych, jak również genetycznego spływania puli genowej (Harada i in. 1998, Diamond 2002, Vandeputte i Prunet 2002, Balon 2004, Milla i in. 2020). Domestykacja ryb rozpoczęła się relatywnie późno w porównaniu do ssaków czy ptaków (Mignon-Grasteau i in. 2005, Teletchea i Fontaine 2014). Początki tego procesu najprawdopodobniej wiążą się z opracowaniem przez człowieka metod piętrzenia rzek oraz doprowadzaniem wody w pobliże osad (Żarski i Czarkowski 2011). Pierwsze doniesienia dotyczące hodowli ryb, w oparciu o odkrycia archeologiczne, sięgają około 1500 lat p.n.e., kiedy to przypuszczalnie podjęto próby hodowli tilapii nilowej (*Oreochromis niloticus*) w Egipcie. Mniej więcej w tym samym czasie rozpoczęła się historia hodowli karpia w Chinach, co zbiegło się na tych terenach z początkiem stosowania metod irygacji w rolnictwie (Harache 2002, Nash 2011). Do lat 50. ubiegłego wieku akwakultura miała marginalne znaczenie, a o wielkości podaży ryb na światowym rynku decydowało rybołówstwo. Natomiast w odpowiedzi na zwiększającą się liczbę ludności i wzrost zapotrzebowania na białko pochodzenia zwierzęcego, od początku lat 80. XX wieku obserwowany jest dynamiczny wzrost produkcji akwakulturowej. Niebagatelne znaczenie w tej materii ma także kształtowanie świadomości ekologicznej społeczeństwa, związane z negatywnym wpływem ogromnej eksploatacji połowowej zasobów naturalnych na równowagę

biologiczną wód (Jackson i in. 2001). Akwakultura jest obecnie jednym z najszybciej rozwijających się na świecie sektorem produkcji żywności, pokrywającym połowę zapotrzebowania ludności na spożycie białka, pochodzącego z organizmów wodnych (Biegała 2014, FAO 2016). Tak dynamiczny rozwój wiązał się m.in. z wprowadzeniem do akwakultury dużej liczby nowych gatunków ryb, niebędących wcześniej w kręgu zainteresowań hodowców (Teletchea i Fontaine 2014). W związku z tym pojawiła się potrzeba zbadania wpływu, jaki niesie ze sobą chów i hodowla na środowisko naturalne oraz bioróżnorodność organizmów wodnych, w tym określenie zagrożeń wynikających z udomowienia poszczególnych gatunków ryb (Araki i Schmid 2010). Wyniki najnowszych badań z zakresu genetyki, fizjologii i behawioru potwierdziły wysoki stopień i złożoność zmian u zwierząt poddanych procesowi domestykacji. Prawdopodobnie za taki stan rzeczy odpowiedzialne są liczne modyfikacje poszczególnych genów ujawniające się w kolejnych pokoleniach, powodujące zmiany fenotypowe i behawioralne hodowanych ryb. Proces ten jednak nie jest do końca poznany, co utrudnia z jednej strony zrozumienie skutków domestykacji, a z drugiej określenie czynników mogących decydować o tempie, w jakim ona przebiega (Teletchea 2019). Istnieje hipoteza, że udomowienie gatunku kończy się w momencie, gdy zdoła on „w pełni” przystosować się do danego środowiska hodowlanego. Jednak technologia produkcji i praktyki hodowlane stale ewoluują i są udoskonalane, dlatego udomowienie trzeba postrzegać raczej jako niekończący się proces (Teletchea i Fontaine 2014). W przypadku ryb bardzo trudno zatem jednoznacznie określić moment, w którym konkretne pokolenie można uznać za w pełni udomowione. Bilio (2007a,b) sugeruje, że w przypadku komercyjnych gatunków ryb za takie można uznać już trzecie pokolenie hodowlane. W związku z faktem, iż zmiany morfologiczne mogą ujawniać się w pierwszym hodowanym pokoleniu (Krejszeff i in., 2009, 2010), należy uznać, że proces domestykacji zaczyna się już w momencie, gdy hodowca przejmuje kontrolę nad cyklem życiowym ryby i określa warunki, w jakich będzie ona od tej pory żyła. Tempo zmian, prowadzących do całkowitego udomowienia, jest zaś tym szybsze im większa jest kontrola człowieka nad cyklem życiowym ryb. Proces domestykacji z całą pewnością wpływa na obserwowane zmiany w morfologii ryb. Ograniczając się tylko do przykładów porównujących osobniki hodowlane i dziko żyjące należące do dwóch gatunków ryb łososiowatych: łososia atlantyckiego (*Salmo salar*) i troci (*Salmo trutta*) można stwierdzić, iż zmiany te są widoczne już w pierwszym pokoleniu. W przypadku 2-letnich osobników, zarówno łososia jak i troci, obserwowano różnice

długości oraz masy ciała niezależnie od płci, na korzyść ryb hodowlanych (Pertersson i in. 1996). Kolejne badania wykazały, że hodowlany łosoś atlantycki miał mniejszą głowę i krótsze płetwy w porównaniu z jego dziko żyjącym odpowiednikiem (Fleming i in. 1994, Cramon-Taubadel i in. 2005). Duże zróżnicowanie cech morfologicznych wykazano także między młodocianymi łososiemi atlantyckimi stanowiącymi pierwszą generację ryb hodowlanych, które zostały wypuszczone do rzeki a tymi, które pozostawiono w warunkach wylęgarniczych. Osobniki, które przeżyły po zarybieniu, stały się bardziej opływowe, wykształciły dłuższe głowy i grubsze nasady ogona, a ich płetwy ogonowe i wieczko skrzelowe uległy zmniejszeniu (Stringwell i in. 2014). Dowodzi to bezsprzecznie dużej plastyczności fenotypowej ryb łososiowatych, także tych hodowlanych, oraz ich zdolności adaptacyjnej do częstych zmian środowiska życia. Zmiany morfologiczne, powstające w wyniku postępującej domestykacji, są bezpośrednio powiązane z innymi cechami biologicznymi, a zwłaszcza ze zmianami behawioru. Dotyczą one szeregu aspektów życia takich jak: poruszanie, zdobywanie pokarmu, unikanie drapieżników, interakcje socjalne z przedstawicielami swojego gatunku czy zachowania reprodukcyjne (Ferno i Jarvi 1998, McLean i in. 2003, Pasquet 2019). Uważa się, że morfologiczne i behawioralne cechy utrwalone w wyniku procesu domestykacji, mogą skutkować mniejszą sprawnością tych ryb w środowisku naturalnym (Fleming i Einum 1997, Einum i Fleming 1999, Garant i in. 2003, McGin. ty i in. 2003, Metcalfe i in. 2003, Araki i in. 2007). Wiedza ta powinna znaleźć swoje odzwierciedlenie przy opracowywaniu programów mających na celu wspomaganie naturalnych populacji ryb, opierających się w zamyśle o zarybienia materiałem pochodzącym z hodowli (Araki i in. 2008, Sadowski i Kempter 2011, Ciereszko 2014). Skalę zagadnienia ukazują chociażby najnowsze doniesienia związane z populacjami troci wędrownej występującymi w wodach przyujściowych rzeki Wisły, gdzie przeprowadzone badania genetyczne potwierdziły 30% udział ryb pochodzących z hodowli. Ponadto badania te uwiaryściły zmienność w obszarze pojedynczych nukleotydów tzw. odstających loci sugerującą potencjalną presję selekcyjną, która mogła być efektem prowadzonych prac hodowlanych (Bernaś i in. 2020).

Charakterystyka i zróżnicowanie ekologiczne troci

Troć jest przedstawicielem rodzimej ichtiofauny, należącym do rzędu ryb łososiokształnych (Salmoniformes), rodziny łososiowatych (Salmonidae) z rodzaju *Salmo* (Linnaeus, 1758). Gatunek ten blisko spokrewniony z łososiem prawdopodobnie

wyewoluował w wyniku izolacji geograficznej powstałej na skutek szeregu zlodowaceń półkuli północnej mających miejsce w plejstocenie (McKeown i in. 2010). Naturalny zasięg występowania troci obejmuje śródlądowe wody Europy i zachodniej Azji oraz przybrzeżne wody morskie okalające Europę i północno-zachodnią Afrykę. Populacje zasiedlające ów obszar wywodzą się z pięciu rodowodów ewolucyjnych, ukształtowanych w wyniku izolacji podczas plejstocenских zlodowaceń (Bernatchez 2001). Poza rejonem naturalnego występowania, gatunek ten introdukowano do co najmniej 24 krajów na całym świecie, gdzie w Południowej i Północnej Ameryce, Nowej Zelandii i Australii utworzyły one silne populacje, niejednokrotnie wypierając inne natywne gatunki ryb, charakterystyczne dla tych ekosystemów (Elliott 1994, Klemetsen i in. 2003).

Jak większość gatunków ryb łososiowatych, troć wykazuje duże zróżnicowanie ekologiczne, głównie ze względu na obraną strategię bytowania w danym środowisku, co czyni ją pod tym względem, jednym z najbardziej plastycznych taksonów europejskiej ichtiofauny (Klemetsen 2013). U podstaw zróżnicowania wewnątrzgatunkowego troci, a tym samym jej przynależności ekologicznej, leży wybór odpowiedniej strategii związany z migracją rozrodczą, a także docelowym środowiskiem jej bytowania (Kottelat i Freyhof 2007, Fergusson i in. 2019). Na tej podstawie w obrębie gatunku wyróżniono kilka morf środowiskowych: co najmniej trzy migrujące tj. anadromiczną, semi-anadromiczną i potamodromiczną, oraz co najmniej dwie stacjonarne tj. rzeczną i jeziorową (Quinn, 2018; Fergusson i in. 2019). Generalnie wszystkie formy wędrownej troci rozradzają się w rzekach, a różnią się jedynie doбором miejsca docelowego bytowania, którymi są wody morskie (troć anadromiczna), przyujściowe wody dużych rzek (troć semi-anadromiczna) oraz wody jeziorne lub duże cieki, w tym samym systemie rzeczonym (troć potamodromiczna). Do niemigrujących morf troci zaliczamy osobniki, których cały cykl życiowy związany jest z tą samą rzeką lub jeziorem, stąd określane są one często jako stali rezydenci (Vøllestad i in. 2012, Fergusson i in. 2019). W Polsce przyjęło się wyróżniać trzy morfy środowiskowe troci: wędrowną (*Salmo trutta* m. *trutta*) – rozradzającą się w rzekach i dorastającą w morzu, jeziorową (*Salmo trutta* m. *lacustris*) – bytującą w jeziorach a rozradzającą się w rzekach lub jeziorach oraz rzeczną (pstrąg potokowy) (*Salmo trutta* m. *fario*) spędzającą całe życie w rzekach (Sakowicz 1961, Wojno 1961, Bartel 2000).

Zdolność adaptacyjna troci do bytowania w różnych środowiskach wodnych oraz różnorodność strategii migracyjnych w połączeniu z koniecznością odbywania tarła w środowisku słodkowodnym spowodowała, iż gatunek ten jest doskonałym modelem do badań związanych z poznaniem przyczyn migracji tych zwierząt (Klemetsen i in. 2003; Ferguson i in. 2019). Obecnie uważa się, iż większość dzisiejszych słodkowodnych populacji troci wywodzi się od wspólnych anadromicznych przodków, przy czym odziedziczona potrzeba/konieczność wędrówki nie została w pełni utrwalona i może się zmieniać, o czym świadczy występowanie licznych populacji potamodromicznych czy osiadłych bytujących blisko siebie (Chapman i in. 2012, Jonsson i Jonsson 2018). Po wykluciu młode osobniki troci mogą pozostawać w swoim rodzimym strumieniu lub jeziorze przez cały cykl życiowy (taktyka rezydencji) lub podejmują wędrówkę, która prowadzi je do większej rzeki, jeziora lub morza (taktyka potamodromiczna lub anadromiczna), pokonując niekiedy setki kilometrów (Dodson i in. 2013, Ferguson i in. 2019). W przypadku form anadromicznych okres żerowania i wzrostu, trwający od kilku miesięcy do nawet kilku lat, przebiega w wodach morskich lub przyujściowych i kończy się wraz z powrotem na tarło do wód słodkich (Jonsson i Jonsson 1993). W obrębie jednego akwenu mogą występować zarówno populacje składające się z osobników troci obierających strategię rezydentów, jak i te migrujące (anadromiczne lub potamodromiczne), co powoduje, iż w okresie tarła może dochodzić między nimi do swobodnego przepływu genów (Skrochowska 1969, Zimmerman i Reeves 2000, Chapman i in. 2012, Berejikian i in. 2014). Wiedza na ten temat oraz znajomość uwarunkowań genetycznych dotyczących wyboru strategii migrowania jest dużo mniejsza niż w przypadku innych łososiowatych. Trocie, będące rezydentami wód słodkich, na tarło wybierają zazwyczaj górne dopływy zbiorników, w których bytują, podczas gdy tarliska form anadromicznych zlokalizowane są raczej w dolnych ich dopływach. Ponadto wykazano, iż samice form osiadłych troci mogą przystępować do tarła znacznie później niż samice form migrujących (Jonsson i Jonsson 1999). Mimo tego wciąż pozostaje niejasne czy ewentualne różnice w genotypie wymienionych form troci, mających potencjalnie dostęp do tych samych tarlisk, o ile w ogóle występują, wynikają z izolacji mikrogeograficznej (Skaala i Nævdal 1989, Knutsen i in. 2001), opóźnienia w procesie dojrzewania gonad (Jonsson 1985) czy też naturalnych barier behawioralnych (Charles i in. 2006). Podobnie jak u innych łososiowatych uważa się, iż wybór strategii życiowej związanej z migracją przez troć nie jest zaprogramowany raz na zawsze i może zostać zmieniony przez tego samego osobnika, bądź przez jego

potomstwo (Klemetsen i in. 2003, Null i in. 2013, Bond i in. 2015). Taka elastyczność przystosowawcza w obrębie jednego gatunku wskazuje na wzajemne oddziaływanie czynników genetycznych i środowiskowych, w następstwie których każdy osobnik podejmuje decyzję o migracji czy też pozostaniu w miejscu urodzenia (Hutchings 2011).

Troć jeziorowa i jej status w wodach Polski

Geneza pojawienia się potamodromicznych i niemigrujących form troci niewątpliwie związana jest z ostatnim zlodowaceniem, którego ustępowanie w poszczególnych fazach miało podstawowy wpływ na ukształtowanie się europejskiej sieci rzek i jezior (Behnke 1972, Bajkiewicz-Grabowska 2002). Formy troci bytujące przez całe swoje życie w wodzie słodkiej, mające wspólnego przodka o rodowodzie anadromicznym, prawdopodobnie swoją nową strategię życiową obrały w odpowiedzi na naturalną izolację wód rzecznych i jeziornych w trakcie ustępowania lądolodu (Ferguson 2006). Można przypuszczać, iż pierwotnie słodkowodne formy troci, zarówno te osiadłe jak i potamodromiczne, tworzyły liczne, odrębne populacje, o czym świadczą niektóre doniesienia historyczne (Cios 2003). Z czasem, głównie w wyniku działalności człowieka tworzącego bariery w przebiegu naturalnych sieci rzecznych oraz przyczyniającego się do postępującej eutrofizacji wód jeziornych, zasięg występowania słodkowodnych form troci został znacznie ograniczony (Radtke i Bartel 2011). Występowanie troci jeziorowej, będącej stałym rezydentem danego zbiornika, uzależnione jest przede wszystkim od jego warunków termiczno-tlenowych (Denic i Geist 2009). Nie bez znaczenia jest także odpowiednie środowisko cieków wpływających lub wypływających z danego jeziora, głównie podłoże dna i przepływ wody, umożliwiających odbycie tarła w bliskiej odległości od strefy stałego bytowania (Radtke i Bartel 2011).

W Europie troć jeziorowa najliczniej występuje w jeziorach Półwyspu Skandynawskiego, w wielu jeziorach alpejskich i podalpejskich, a także tych zlokalizowanych na Wyspach Brytyjskich (Lelek 1987, Kottelat i Freyhof 2007). Dodatkowo populacje troci obserwowano w dużych jeziorach położonych na obrzeżach Morza Bałtyckiego: Ładoga, Onega, Saimaa, Hatsima, Wetter czy Wener (Kaj 1961). Naturalny zasięg występowania troci jeziorowej w Polsce ogranicza się prawdopodobnie do szerokiego pasa pojezierzy na północy kraju. Pierwsze doniesienia historyczne dotyczące występowania troci w jeziorach Pomorza i Suwalszczyzny

pochodzą z XVI i XVII wieku (Borzyszkowski 1994, Cios 2003). Obecna wiedza na temat rozszedlenia tej środowiskowej odmiany troci w wodach Polski jest znikoma z uwagi na obiektywną trudność w odróżnieniu jej od pozostałych form. Przy ustaleniu, czy trocie występujące w danym jeziorze, pojawiają się tam okresowo czy też bytują w nim na stałe, pomocne są informacje związane zarówno z wielkością ryb, jak i wielkością ich gniazd tarłowych, zlokalizowanych w ciekach dopływających lub wypływających z danego jeziora. Zakłada się bowiem, iż wielkość kopców tarłowych skorelowana jest z długością samic, które je budują (Sakowicz 1961, Radtke 2008). Obecność dużych gniazd świadczy o formie osiadłej tego gatunku, podczas gdy ich brak sugeruje raczej obecność formy reofilnej bytującej w rzekach przepływających przez dane jezioro. Bazując m.in. na tych założeniach oraz danych historycznych, udokumentowano występowanie troci w 34 przepływowych zespołach jeziornych, związanych z pasem Pojezierzy Południowobałtyckiego i Wschodniobałtyckiego. Zlokalizowane są one w czterech systemach rzecznych na terenie naszego kraju tj. rzeki Wisły, Odry-Warty, rzek przy morskich i zlewiska Zalewu Wiślanego wraz z rzeką Niemen (Radtke i Bartel 2011). Do tych lokalizacji należy także prawdopodobnie dodać jeziora bezodpływowe i zbiorniki zaporowe na terenie całego kraju, do których troć została introdukowana (Wajdowicz 1972, 1976, Jakubowski i Penczak 1976, Pałka i Bieniarz 1983, Bartel i Prokusi 1992, Chybowski i in. 1994, Bartel i in. 1996). Bez wątpienia, najliczniejszą populacją troci jeziorowej w Polsce jest ta występująca w kompleksie jezior Wdzydzkich w dorzeczu górnej Wdy na pojezierzu Kaszubskim. Pierwsze potwierdzone informacje związane z jej występowaniem w systemie jezior Wdzydzkich pochodzą z początku XX wieku (Seligo 1902). Badania ichtiologiczne troci wdzydzkiej zainicjowane w latach 50. ubiegłego wieku stały się podstawą upowszechnienia wiedzy związanej z biologią osiadłej, autochtonicznej formy tego gatunku (Kaj 1961, Sakowicz 1961).

Generalnie troć jeziorowa zasiedla jeziora stosunkowo głębokie o czystej, dobrze natlenionej wodzie. Dojrzałość płciową osiąga w 4-5 roku życia. Rozród odbywa się późną jesienią, kiedy temperatura wody spada poniżej 8-9°C (Bartel 2000). W tym celu tarlaki troci wpływają do cieków połączonych z danym jeziorem, gdzie wybierają do tarła miejsca o charakterystycznym substracie, głębokości i prędkości przepływu wody (Witzel i MacCrimmon 1983, Zimmer i Power 2006, Louhi i in. 2008). W literaturze światowej można znaleźć informacje o przystępowaniu troci do tarła w jeziorach, w których znajduje się odpowiedni substrat do budowy gniazda

i występuje okresowy lub stały dopływ wód gruntowych, powodujący określony prąd wody przy dnie zbiornika (Brabrand i in. 2002). Samice budują z reguły jedno gniazdo (Elliott 1995), w którym bezpośrednio po tarle zakopują zapłodnioną ikrę, tworząc żwirowy, owalny kopiec (Crisp i Carling 1989). Przyjmuje się, że jedna samica składa od 2 do 17 tysięcy ziaren ikry o średnicy 4-7 mm a liczba składanych jaj jest pochodną wielkości samicy (Jonsson i Jonsson 1999). W kompleksie jezior Wdzydzkich tarliska troci zostały udokumentowane w połowie XX wieku przez Sakowicza (1961). Pierwotnie znajdowały się one w systemie rzeczny powyżej jeziora Wdzydze, w trzech charakterystycznych odcinkach rzeki Wdy lub jej dopływu Trzebiosze (Radtke i Dębowski 2016). Począwszy od lat 60. XX wieku, odcinki tych rzek poddane zostały zabiegom melioracyjnym, na skutek czego w dużym stopniu utraciły swój naturalny charakter, co niewątpliwie nie pozostało bez wpływu na ich przydatność jako miejsc tarła (Radtke 1994, Radtke i Dębowski 1996). Dopiero w latach 90. ubiegłego wieku podjęto szereg działań obejmujących renaturyzację fragmentów tych rzek oraz rozpoczęto aktywną ochronę tarlisk troci (Radtke 1992, 1994, 2009). Zabiegi te w połączeniu z zaniechaniem odłowów gospodarczych i intensyfikacją zarybnień materiałem wyprodukowanym w wylęgarni, prawdopodobnie przyczyniły się do wyraźnego wzrostu liczebności troci na początku XXI wieku. Niestety, w ostatnich kilku latach, obserwowane jest niepokojące zjawisko związane ze spadkiem liczby samic przystępujących do tarła, a także większą liczbą gniazd małych rozmiarów, świadczące o przystępowaniu do rozrodu coraz mniejszych osobników. Jak już wspomniano wcześniej, wielkość gniazda troci skorelowana jest z wielkością samicy przystępującej do tarła, której szacunkowa długość odpowiada ok. 55% średnicy kopca (Radtke 2008). Aktualnie na tych tarliskach przeważają samice o długości ciała nieprzekraczającej 40 cm, co jest najprawdopodobniej skutkiem pogarszających się warunków środowiskowych w jeziorze Wdzydze (Radtke i Dębowski 2016). Wpływa to z całą pewnością na coroczną efektywność rekrutacji populacji troci wdzydzkiej, potwierdzono bowiem, iż mniejsze samice składają mniej ikry o mniejszych rozmiarach (Einum i Fleming 1999, Jonsson i Jonsson 1999). Spadek liczby gniazd dużych i średnich na rzecz tych o małej wielkości, może świadczyć o rozpoczętym procesie ustępowania typowo jeziorowej formy troci, na rzecz mniejszej – rzecznej, czyli pstrąga potokowego (Radtke 2005), czego w kontekście plastyczności ekologicznej gatunku nie można wykluczyć.

Troć jeziorowa bytująca w jeziorze Wdzydze stanowi obecnie unikalną w skali kraju, zagrożoną wyginieciem, osiadłą formę związaną ze środowiskiem jeziorowo-rzecznym. (Chybowski i in. 1994, Radtke i Dębowski 1996, Radtke 2005). Antropopresja i związane z nią zmiany środowiska, w tym postępujące ocieplenie klimatu, mogą systematycznie przyczyniać się do ustępowania stenotopowych ryb łososiowatych, w tym także osiadłych form troci z naszych wód (Hari i in. 2006, Jonsson i Jonsson 2009). Bez wątpienia konieczne są zatem działania związane z ochroną naturalnych siedlisk rzeczno-jeziornych troci, ograniczanie presji połowowej, walka z kłusownictwem, wspomaganie istniejących populacji drogą zabiegów przynależnych akwakulturze zachowawczej. Od początku lat 90. XX wieku stosuje się szereg wymienionych zabiegów ukierunkowanych na utrzymanie i odbudowę stada troci w kompleksie jezior Wdzydzkich (Radtke 1992, 1994, 2009). Dodatkowo na przestrzeni dziesiątek lat dokonano, z różnym powodzeniem, wsiedleń wdzydzkiej troci jeziorowej zarówno do naturalnych jak i sztucznych zbiorników, m.in. Soliny na Sanie, Przeczyc na Czarnej Przemszy, Beska na Wisłoku czy Klimkówki na Ropie (Wajdowicz 1976, Bartel 1988, Bartel i in. 1996). Sprowadzenie zaoczkowanej ikry pochodzącej od tarlaków troci z jeziora Wdzydze w 1989 roku do Ośrodka Zarybieniowego PZW w Gawrych Rudzie, było również elementem takich działań. Miały one na celu z jednej strony zabezpieczyć pulę genową autochtonicznej osiadłej formy tego gatunku, a z drugiej wyprodukowanie materiału zarybieniowego na potrzeby reintrodukcji troci jeziorowej do wód Suwalszczyzny (Stabiński i Chybowski 2009). O występowaniu troci jeziorowej na Suwalszczyźnie wiadomo jedynie z przekazów historycznych (Falk 1939, 1979), ponieważ w XX wieku, do czasu przeprowadzenia pierwszych zarybień, nie udokumentowano jej obecności (Wziątek i in. 2008). Pierwsze oficjalne zarybienie trocią jeziora Hańcza materiałem sprowadzonym z kompleksu jezior Wdzydzkich, a podchowany w stawach należących do Ośrodka Zarybieniowego w Gawrych Rudzie, przeprowadzono w 1991 roku (Hus i Krzywosz 1993, Chybowski i in. 1994, Chybowski i Stabiński 1996, Kozłowski i in. 2008, Wziątek i in. 2008). W kolejnych latach zarybiono takim materiałem także kilka innych jezior Suwalszczyzny, tj.: Blizno, Necko, Szurpiły, Ełk (Stabiński i Chybowski 2009).

2. Cel pracy

W kontekście dużej plastyczności fenotypowej troci jeziorowej, nasuwa się pytanie, na ile zmiana środowiska bytowania oraz zabiegi hodowlane mogą modyfikować cechy morfologiczne pokroju jej ciała. Istnieją bowiem przesłanki, że po przeszło dwudziestu latach hodowli troci wdzydzkiej w stawach Ośrodka w Gawrych Rudzie i ponownym wsiedleniu jej do naturalnego zbiornika o odmiennej charakterystyce batymetrycznej i hydrologicznej, mogło dojść do tego typu zmian morfometrycznych.

Celem pracy była charakterystyka zróżnicowania morfometrycznego (cech merystycznych i biometrycznych), tempa wzrostu oraz wybranych wskaźników hodowlanych osobników należących do trzech stad troci jeziorowej: (1) autochtonicznego dla wód jeziora Wdzydze, (2) hodowlanego w Ośrodku PZW w Gawrych Rudzie a pochodzącego historycznie z jeziora Wdzydze oraz (3) bytującego w jeziorze Hańcza a pochodzącego z zarybień materiałem wyprodukowanym w Gawrych Rudzie. Dodatkowo wykonano wielowymiarową analizę danych morfometrycznych w celu określenia zróżnicowania badanych cech na poziomie umożliwiającym identyfikację troci pochodzących z tych trzech stad.

3. Materiał i metody

Pochodzenie i charakterystyka materiału badawczego

Obiektem badań były osobniki troci jeziorowej (*Salmo trutta* m. *lacustris* L.) pochodzące z jezior Wdzydze i Hańcza oraz ze stawów hodowlanych Ośrodka Zarybieniowego Polskiego Związku Wędkarskiego w Gawrych Rudzie. Oba zbiorniki naturalne, jak też ośrodek hodowlany PZW, zlokalizowane są w pasie pojezierzy w północnej Polsce (Rys. 1).

Jezioro Wdzydze jest częścią kompleksu jeziornego położonego w województwie pomorskim, powiecie kościerskim, w gminie Kościerzyna, na Pojezierzu Południowopomorskim (współrzędne geograficzne: N 53°58'39'', E 17°54'21'') (Kondracki 1999). W skład tego kompleksu wchodzi pięć akwenów: Wdzydze (918,8 ha), Gołuń (320,4 ha), Radolne (134,6 ha), Jelenie (71,0 ha), Słupinko (60,8 ha) o łącznej powierzchni 1515,6 ha. Największe z nich, czyli jezioro Wdzydze, o głębokości maksymalnej 68 m, głębokości średniej 19,6 m. Jezioro Wdzydze jest typowym zbiornikiem dimiktycznym, gdzie wiosenna i jesienna cyrkulacja wód przedzielona jest stagnacją trwającą od czerwca do listopada. Latem do głębokości 6 m woda jest stosunkowo dobrze nasycona tlenem, jednakże na przestrzeni lat obserwuje się znaczny spadek natlenienia wód warstwy hypolimnionu w jeziorze (WIOŚ 2002). Niecka akwenu jest wydłużona w kierunku południowym a jego linia brzegowa jest bardzo urozmaicona. Przez jezioro przepływa rzeka Wda. W ichtiofaunie zbiornika występuje co najmniej 18 gatunków, należących do 8 rodzin (ciernikowate, dorszowate, karpowate, kozowate, łososiowate, okoniowate, szczupakowate i węgorzowate), charakterystycznych dla górnej części dorzecza rzeki Wdy znajdującej się powyżej jeziora Wdzydze, (Radtko i in. 2003, Radtko 2005).

Jezioro Hańcza położone jest w województwie podlaskim, gminie Przerośl, w zachodniej części Pojezierza Litewskiego (współrzędne geograficzne: N 54°15'48'', E 22°48'40''), w mezoregionie Pojezierza Wschodniosuwalskiego (Kondracki 1999). Jest to najgłębszy zbiornik słodkowodny w naszym kraju o głębokości maksymalnej wynoszącej 108,5 m, głębokości średniej – 38,7 m, którego całkowita powierzchnia wynosi 311,4 ha. Jezioro Hańcza jest również zbiornikiem dimiktycznym z wiosenną cyrkulacją wód trwającą od kwietnia do połowy maja i jesienną rozpoczynającą się zazwyczaj w połowie listopada. Jego wody cechuje wysokie nasycenie tlenem (powyżej 7,5 mg O₂ dm⁻³) notowane w całym słupie wody zbiornika aż do warstw przydennych.

W okresie stagnacji letniej temperatura wód epilimnionu nie wzrasta powyżej 24,1°C (Zdanowski i in. 2008). Brzegi akwenu bardzo wysokie i strome, porośnięte w znacznej części drzewostanem leśnym. Dno zbiornika jest kamieniste i słabo urozmaicone. Przez jezioro przepływa rzeka Czarna Hańcza. Ichtyofauna w jeziorze reprezentowana jest przez co najmniej 24 gatunki należące do 11 rodzin (ciernikowate, dorszowate, głowaczowate, karpowate, kozowate, łososiowate, okoniowate, stynkowate, sumowate, szczupakowate i węgorzowate) (Kozłowski i in. 2008).

Ośrodek Zarybieniowy PZW położony jest w województwie podlaskim, gminie Suwałki, miejscowości Gawrych Ruda (N 54°01'02'', E 22°59'37''), nad brzegiem jeziora Wigry. Woda do Ośrodka pobierana jest rurociągiem z głębokości 3,5 m w ilości ok. 110 dm³/s z jeziora Staw Płociczno. Pobór wody zabezpieczony jest koszem wstępnej filtracji oraz kratami zabezpieczającymi na piętrzeniu. Woda do wylęgarni transferowana jest przez filtr żwirowy, natomiast stawy zasilane są wodą, uprzednio przekierowaną przez urządzenie odgazowująco-napowietrzające. Obecnie w Ośrodku w Gawrych Rudzie prowadzony jest pełny cykl hodowlany troci jeziorowej. Sztuczny rozród, inkubacja ikry i podchów form młodocianych troci przeprowadzany jest w wylęgarni wyposażonej w 70 słoików Weissa, 14 podchowalników oraz 5 basenów manipulacyjnych zestawionych w zamknięty obieg wody z możliwością zasilania wodą powierzchniową lub alternatywnie głębinową. Narybek troci podchowywany jest w stawach betonowych o wymiarach 14,0 × 4,3 × 0,6 m, natomiast tarlaki i selekty przetrzymywane są w stawach o wymiarach 17,0 × 4,5 × 1,1 m. Maksymalne temperatury wody zasilającej Ośrodek latem dochodzą do 24°C, natomiast zimą, po powstaniu pokrywy lodowej, stabilizuje się ona na poziomie 4-5°C. Zawartość rozpuszczonego tlenu w wodzie wykazuje bardzo duże wahania w ciągu roku. Od maja do października sięga nawet 20 mgO₂/dm³, zaś w okresie stagnacji zimą spada do poziomu 2 mg O₂/dm³ (Stabiński i Chybowski 2009).

Ryby do badań pozyskano w latach 2009-2012. Odłowy dziko żyjących osobników z jezior Wdzydze i Hańcza dokonywane były w poszczególnych latach od wiosny do jesieni przy użyciu wontonów żyłkowych o wielkości oczek pomiędzy węzłami od 24 do 65 mm. Natomiast trocie pochodzące z ośrodka zarybieniowego odławiano bezpośrednio ze stawów w analogicznym okresie przyjmując losowe kryteria poboru ryb. Ogólną charakterystykę badanego materiału przedstawiono w Tabeli 1. Łącznie do badań pozyskano 184 osobniki troci jeziorowej, w tym 54 z jeziora Wdzydze (W), 15 – z jeziora Hańcza (H) i 115 – ze stawów w Gawrych Rudzie (GR).

Złowione ryby uśmiercano w ponadnormatywnej dawce anestetyku (MS-222 w dawce 400 mg/dm³ wody (Ackerman i in. 2005). Z każdej ryby pobierano po 10-15 łusek z miejsca położonego nad linią boczną, pomiędzy płetwą grzbietową a płetwą tłuszczową (Grudniewski, 1961), a następnie ryby mrożono i przetrzymywano w temperaturze minus 18°C do czasu wykonania pomiarów merystycznych i biometrycznych oraz obliczenia indeksów hodowlanych. Przed dokonaniem dalszych analiz ryby zostały rozmrożone w temperaturze pokojowej a następnie zmierzone z dokładnością do 1mm i zważone z dokładnością do 0,1 g.

Analiza tempa wzrostu

Badania wzrostu ryb przeprowadzono w oparciu o odczyty z pozyskanych łusek troci. Wiek ryb określono na podstawie liczby pierścieni rocznych na łuskach, które analizowano pod mikroskopem świetlnym CARL ZEISS JENA – model 2665. Wzrost ryb określono metodą odczytów wstecznych z łusek (Dahl 1910). Procedura polegała na określeniu długości całkowitej promienia łuski oraz długości promieni łuski w poszczególnych latach życia danego osobnika przy założeniu, że wzrost długości promienia łuski jest wprost proporcjonalny do wzrostu długości ryby, wyrażonej wzorem:

$$Sl_n = \frac{S_n}{S} Sl$$

gdzie:

Sl_n – standardowa długość ciała ryby (mm) w n-tym roku życia,

S_n – długość promienia łuski w n-tym roku życia,

S – długość promienia całej łuski,

Sl – standardowa długość ciała ryby (mm).

Do porównania otrzymanych średnich wartości wzrostu długości w poszczególnych latach życia ryb wykorzystano jednoczynnikową analizę wariancji (ANOVA). Zgodność rozkładu danych z rozkładem normalnym określono za pomocą testu Shapiro-Wilka a jednorodność wariancji testem Levene'a. Po spełnieniu warunków normalności rozkładu i jednorodności wariancji zastosowano metodę najmniejszej istotnej różnicy LSD, wykorzystującą test post-hoc Fishera, na poziomie istotności $p \leq 0,05$.

Związek masy ciała z długością ciała badanych ryb określano za pomocą funkcji potęgowej według wzoru:

$$W = a SL^b$$

gdzie:

W - masa ciała w g

a, b – współczynniki regresji

SL – standardowa długość ciała ryby (mm).

Analiza cech merystycznych

Przedmiotem analizy było 14 wybranych cech merystycznych: liczba promieni miękkich i twardych w płetwach: grzbietowej (D), odbytovej (A), piersiowych (P) oraz brzusznych (V), liczba łusek w linii bocznej (l.l.), liczba szeregów łusek nad linią boczną (d), pod linią boczną (e) oraz leżących nad linią boczną do płetwy tłuszczowej (f), liczba wyrostków filtracyjnych na pierwszym łuku skrzelowym (Sp. branch) i liczba kręgów (Vert), nie wliczając urostylu oraz pierwszego kręgu usytuowanego za czaszką (Brylińska, 2000). Pełne nazwy badanych cech merystycznych oraz przyjęte dla nich skróty i symbole zestawiono w Tabeli nr 2. Dla każdej z wymienionych cech obliczono średnią arytmetyczną ($\bar{x}$), odchylenie standardowe (SD) i współczynnik zmienności (V). W związku z faktem braku spełnienia warunku jednorodności wariancji w przypadku większości badanych zmiennych, w celu stwierdzenia istotnych statystycznie różnic międzygrupowych, zastosowano nieparametryczny test Kruskala-Walisa, na poziomie istotności $p \leq 0,05$.

Analiza cech biometrycznych

Pomiary cech biometrycznych wykonano dwoma metodami: metodą Pravdina (Pravdin 1966) uzupełnioną o pomiary cech charakterystycznych dla ryb łososiowatych (Reist i inni 1991) oraz metodą „truss network” czyli tzw. kratownicy (Strauss i Bookstein 1982). Na potrzeby wykonania pomiarów biometrycznych wykonano zdjęcia cyfrowe lewej strony ciała każdej ryby aparatem fotograficznym (Canon EOS 350D). Uzyskane obrazy analizowano z wykorzystaniem programu graficznego „Lucia image” z dokładnością 0,1 mm. W przypadku metody Pravdina tym sposobem zmierzono 18 cech a 2 cechy, czyli szerokość głowy i szerokość tułowia zmierzono za pomocą suwmiarki z taką samą dokładnością (Tabela 3, Rys 2). Wstępna analiza

zebranego materiału wykazała częste uszkodzenia płetw, szczególnie u ryb pochodzących ze stawów Ośrodka w Gawrych Rudzie. W związku z tym takie cechy ryb jak: długość płetwy ogonowej, długość płetwy piersiowej, długość płetwy brzusznej, wysokość płetwy grzbietowej i długość płetwy tłuszczowej nie zostały uwzględnione w dalszych analizach. Ze względu na zróżnicowanie wielkościowe badanych ryb i częste uszkodzenia płetwy ogonowej udziały procentowe analizowanych cech obliczono w stosunku do standardowej długości ciała (Sl ; cechy x_1 oraz $x_9 - x_{19}$) lub długości bocznej głowy (lc ; cechy $x_2 - x_8$). Dla każdej z wymienionych cech obliczono średnią arytmetyczną ($\bar{x}$), odchylenie standardowe (SD) i współczynnik zmienności (V). Do porównania otrzymanych średnich wartości badanych cech biometrycznych wykorzystano jednoczynnikową analizę wariancji (ANOVA). Zgodność rozkładu danych z rozkładem normalnym określono za pomocą testu Shapiro-Wilka a jednorodność wariancji testem Levene'a. Po spełnieniu warunków normalności rozkładu i jednorodności wariancji zastosowano metodę najmniejszej istotnej różnicy LSD, wykorzystującą test post-hoc Fishera, na poziomie istotności $p \leq 0,05$. Procentowe wartości badanych cech przed analizą przekształcono funkcją arcsin.

W celu określenia zależności między badanymi cechami biometrycznymi określonymi metodą Pravdina wykorzystano równania regresji prostej według wzoru:

$$y = b_0 \pm b_1 Sl$$

gdzie:

y – analizowana cecha,

b_0, b_1 – współczynniki regresji,

Sl – standardowa długość ciała (mm).

Statystyczną ocenę dopasowania modelu dokonywano na podstawie wielkości błędu standardowego (SE), współczynnika determinacji ($R^{2\%}$) i wartości współczynnika prawdopodobieństwa (P).

Wykorzystując powyższe związki badanych cech ze standardową długością ciała (Sl) obliczono względne wartości cech dla następujących standardowych długości ciała troci: 200, 250, 300, 350, 400, 450, 500 i 550 mm wykorzystując wzór zaproponowany przez Paara (1956):

$$y' = \frac{(b_0 \pm b_1 Sl)}{Sl} 100$$

gdzie:

y' – względna wartość analizowanej cechy,

b_0, b_1 – współczynniki równania,

Sl – standardowa długość ciała (mm).

Podobieństwo między cechami u badanych stad troci analizowano weryfikując testem t współczynniki (b_1) i (b_0) obliczonych równań regresji. Hipoteza zerowa: $H_0: b_{1i} = b_{1j}$, zakładała, że proste opisujące dany związek są równoległe oraz w przypadku braku podstaw do odrzucenia tej hipotezy ($p > 0,05$), hipotezę alternatywną $H_0: b_{0i} = b_{0j}$ sprawdzającą czy proste opisujące dany związek pokrywają się. Przy braku statystycznych podstaw do odrzucenia również hipotezy alternatywnej ($p > 0,05$) uznawano, że analizowana cecha nie różni się istotnie między badanymi stadami troci.

Ocenę czy względna wartość analizowanej cechy zmienia się wraz ze wzrostem długości ciała określano weryfikując testem t hipotezę zerową, że współczynnik (b_0) równa się 0 ($H_0: b_0 = 0$). Jeżeli hipoteza zerowa nie została odrzucona ($p > 0,05$) stwierdzano, że względna wartość analizowanej cechy nie zmienia się istotnie wraz z standardową długością ciała (Sl).

Pomiary wykonane metodą „truss network” posłużyły jedynie do przeprowadzenia analiz wielowymiarowych. W metodzie tej mierzono odległości pomiędzy 13 charakterystycznymi punktami znacznikowymi (Tabela 4, Rys. 3A). Punkty te wyznaczały początek i koniec płetw, szerokość ciała lub inne cechy, typowe dla ryb łososiowatych, między którymi dokonywano pomiarów odległości (Rys. 3B; Strauss i Bookstein 1982, Winans 1984). Pełne nazwy odległości między punktami i przyjęte dla nich symbole w metodzie truss-network opisano w Tabeli 5.

Kanoniczna analiza dyskryminacyjna cech merystycznych i biometrycznych

Kanoniczną analizę dyskryminacyjną (CDA) zastosowano osobno dla cech merystycznych oraz osobno dla cech biometrycznych określanych dwiema metodami, Pravdina i „truss network”. CDA zastosowano w celu określenia, które z analizowanych cech przyczyniają się w największy sposób do rozróżnienia trzech badanych stad troci jeziorowej. Przeprowadzona krokowa analiza dyskryminacyjna została także wykorzystana w celu zbadania na ile analizowane cechy wyróżniają (dyskryminują)

poszczególne stada troci oraz do uzyskania funkcji klasyfikacyjnych pozwalających na przyporządkowywanie poszczególnych przypadków (ryb) do badanych stad.

Analiza wybranych indeksów hodowlanych

Po zważeniu, każdą rybę patroszono i odgławiano cięciem skośnym (Sikorski 2004) Następnie ważono masę tuszki, z której po usunięciu kręgosłupa, płetw oraz żeber uzyskano dwa filety ze skórą, które również ważono. Masę ciała ryby i jej elementów (tuszka, filet) określono z dokładnością do 0,1 g.

Kondycję ryb określano za pomocą współczynnika Fultona (K) (Fulton 1904), obliczając go jako iloraz masy ciała i długości standardowej ciała wedle wzoru:

$$K = \frac{100 w}{Sl^3}$$

gdzie:

K – wartość współczynnika kondycji Fultona,

w – masa ciała ryb (g),

Sl – standardowa długość ciała ryb (mm).

Indeks wygrzbiecenia (G) obliczano jako iloraz standardowej długości ciała do największej wysokości ciała, przy pomocy wzoru podanego przez Czubak (1966).

$$G = \frac{Sl}{X_{16}}$$

gdzie:

G – indeks wygrzbiecenia,

Sl – standardowa długość ciała ryb (mm),

x₁₆ – największa wysokość ciała w (mm).

Indeks masy na jednostkę długości (I) obliczono jako iloraz masy ciała do standardowej długości ciała na podstawie wzoru podanego przez Szarka i in. (2012).

$$I = \frac{w}{Sl}$$

gdzie:

I – indeks masy na jednostkę długości,

w – masa ciała ryb (g),

Sl – standardowa długość ciała ryb (mm).

Udział procentowy tuszki obliczono jako iloraz masy tuszki do całkowitej masy ciała ryby na podstawie wzoru podanego przez Szarka i in. (2012).

$$T = \frac{w_t}{w} \times 100\%$$

gdzie:

T – udział procentowy tuszki w całkowitej masie ryby,

w_t – masa tuszki (g),

w – masa ryby (g).

Udział procentowy fileta obliczono jako iloraz masy fileta do masy ciała na podstawie wzoru (Szarek i in. 2012).

$$F = \frac{w_f}{w} \times 100\%$$

gdzie:

F – udział procentowy fileta w całej masie ryby,

w_f – masa fileta (g),

w – masa ryby (g).

Do porównania otrzymanych średnich wartości indeksów hodowlanych ryb między poszczególnymi stadami wykorzystano jednoczynnikową analizę wariancji (ANOVA). Zgodność rozkładu danych z rozkładem normalnym określono za pomocą testu Shapiro-Wilka a jednorodność wariancji testem Levene'a. Po spełnieniu warunków normalności rozkładu i jednorodności wariancji zastosowano metodę najmniejszej istotnej różnicy LSD, wykorzystującą test post-hoc Fishera, na poziomie istotności $p \leq 0,05$.

4. Wyniki

Wzrost ryb

Zakres i wartości średniej długości ciała troci w kolejnych latach życia przedstawia Tabela 6. W przypadku ryb pozyskanych do badań z jeziora Hańcza nie stwierdzono osobników w wieku powyżej 4+, a w przypadku ryb ze stada Gawrych Ruda powyżej 5+. W pierwszych trzech latach życia troci stwierdzono istotne statystycznie różnice w średniej długości ciała między rybami pochodzącymi ze stada w Gawrych Rudzie, a rybami złowionymi w jeziorach Wdzydze i Hańcza, przy czym najszybszym wzrostem charakteryzowały się trocie hodowane w Gawrych Rudzie ($p \leq 0,05$). Natomiast w czwartym roku życia nie stwierdzono statystycznie istotnych różnic we wzroście ryb między wszystkimi badanymi stadami troci, podobnie jak i w piątym roku życia ryb między osobnikami pochodzącymi ze stada Wdzydze i stada Gawrych Ruda ($p > 0,05$) (Tabela 6).

W zakresie długości ciała od 50 do 550 mm przeciętnie największą masą ciała spośród badanych stad ryb charakteryzowały się trocie hodowane w Gawrych Rudzie. Najmniejszą masą ciała (do długości 200 mm) cechowały się ryby pozyskane z jeziora Hańcza. Natomiast w zakresie długości od 250 do 550 mm najmniejszą masą ciała charakteryzowały się trocie z jeziora Wdzydze (Rys. 4).

Cechy merystyczne

Liczba promieni twardych (z_1) i miękkich (z_2) w płetwie grzbietowej

Liczba promieni twardych (z_1) w płetwach grzbietowych badanych ryb wahała się od 2 do 4. Średnia wartość z_1 u ryb z Gawrych Rudy była istotnie wyższa niż ustalona dla ryb z jeziora Wdzydze i Hańcza ($p \leq 0,05$). Nie stwierdzono statystycznie istotnych różnic między średnimi wartościami tej cechy obliczonymi dla troci pochodzących z jezior Wdzydze i Hańcza ($p > 0,05$). Najwyższą wartość współczynnika zmienności (V) – 21,64% dla liczby promieni twardych w płetwach grzbietowych ustalono dla ryb z Ośrodka w Gawrych Rudzie (Tabela 7). Liczba promieni miękkich (z_2) w płetwach grzbietowych troci w obrębie badanych trzech stad mieściła się w zakresie od 9 do 12. Nie stwierdzono statystycznie istotnych różnic między średnimi wartościami z_2 obliczonymi dla poszczególnych stad ryb ($p > 0,05$). Współczynniki zmienności (V) dla liczby promieni miękkich w płetwach grzbietowych

we wszystkich badanych stadach ryb charakteryzowały się podobnymi, niskimi wartościami (Tabela 7).

Liczba promieni twardych (z_3) i miękkich (z_4) w płetwie odbytowej

Liczba promieni twardych (z_3) w płetwach odbytowych mieściła się w zakresie od 2 do 4, a średnia wartość tej cechy nie różniła się istotnie między badanymi stadami ryb ($p > 0,05$). Najwyższym współczynnikiem zmienności (V) tej cechy charakteryzowały się ryby ze stawów w Gawrych Rudzie (15,31%). U ryb z jeziora Wdzydze parametr ten wynosił 6,93%, natomiast u ryb z jeziora Hańcza stwierdzono jednakową – stałą liczbę promieni twardych (Tabela 7). Z kolei liczba promieni miękkich (z_4) w płetwach odbytowych troci wahała się od 7 do 12. Nie stwierdzono statystycznie istotnych różnic między średnimi wartościami z_4 obliczonymi dla troci pochodzących z badanych stad ($p > 0,05$). Wartości współczynnika zmienności (V) dla liczby promieni miękkich okazały się być zbliżone w poszczególnych stadach ryb (Tabela 7).

Liczba promieni twardych (z_5) i miękkich (z_6) w płetwach piersiowych

U wszystkich badanych ryb stwierdzono występowanie wyłącznie jednego promienia twardego w płetwach piersiowych (z_5). Natomiast liczba promieni miękkich (z_6) w tych płetwach mieściła się w zakresie od 9 do 13. Istotne statystycznie różnice dotyczące średniej liczby promieni miękkich stwierdzono jedynie między osobnikami pochodzącymi ze stad Wdzydze i Gawrych Ruda ($p \leq 0,05$). Generalnie zmienność tej cechy wyrażona współczynnikiem V była niewielka i kształtowała się na podobnym poziomie we wszystkich badanych stadach ryb (Tabela 7).

Liczba promieni twardych (z_7) i miękkich (z_8) w płetwach brzusznych

W płetwach brzusznych u wszystkich badanych ryb stwierdzono występowanie tylko jednego promienia twardego (z_7). Liczba promieni miękkich (z_8) wynosiła natomiast 8 lub 9. Nie stwierdzono istotnych statystycznie różnic między średnimi wartościami z_8 obliczonymi dla poszczególnych stad ryb ($p > 0,05$). Współczynniki zmienności dla liczby promieni miękkich u ryb ze stada w Gawrych Rudzie i z jeziora Wdzydze miały niską i zbliżoną do siebie wartość a w przypadku troci pochodzących z jeziora Hańcza określono stałą ich liczbę (Tabela 7).

Liczba łusek w linii bocznej (z_9)

Liczba łusek w linii bocznej (z_9) badanych ryb oscylowała w zakresie od 112 do 126. Istotne statystyczne różnice dotyczące wartości średnich dla tej cechy stwierdzono jedynie między rybami pochodzącymi ze stada Wdzydze i Gawrych Ruda ($p \leq 0,05$). Współczynniki zmienności (V) dla liczby łusek w obrębie badanych stad troci charakteryzowały się podobnymi, niskimi wartościami (Tabela 7).

Liczba szeregów łusek nad linią boczną do płetwy grzbietowej (z_{10})

Liczba szeregów łusek usytuowanych nad linią boczną, położonych do płetwy grzbietowej (z_{10}) u badanych troci zmieniała się w zakresie od 15 do 24. Istotnie niższą średnią wartością z_{10} charakteryzowały się ryby pochodzące z jeziora Wdzydze ($p \leq 0,05$). Najniższą wartość współczynnika zmienności (V) tej cechy obliczono dla ryb pozyskanych z jeziora Hańcza (5,18%), aczkolwiek w pozostałych dwóch stadach kształtował się on również na poziomie poniżej 10% (Tabela 7).

Liczba szeregów łusek nad linią boczną do płetwy tłuszczowej (z_{11})

Liczba szeregów łusek położonych nad linią boczną do płetwy tłuszczowej (z_{11}) wahała się u badanych troci w zakresie od 10 do 16. Nie stwierdzono istotnych różnic między średnimi wartościami z_{11} w badanych stadach troci ($p > 0,05$). Współczynnik zmienności (V) tej cechy osiągnął najwyższą wartość u ryb z Ośrodka w Gawrych Rudzie i wyniósł 11,70% (Tabela 7).

Liczba szeregów łusek od linii bocznej do płetwy brzusznej (z_{12})

Liczba szeregów łusek usytuowanych od linii bocznej do płetwy brzusznej (z_{12}) oscylowała w granicach od 15 do 23. Nie stwierdzono istotnych różnic między średnimi wartościami tej cechy w badanych stadach troci ($p > 0,05$). Współczynniki zmienności (V) cechy z_{12} we wszystkich badanych stadach ryb były bardzo zbliżone i stosunkowo niskie (Tabela 7).

Liczba wyrostków filtracyjnych (z_{13})

Liczba wyrostków filtracyjnych (z_{13}) u badanych osobników troci wahała się od 15 do 20. Istotnie wyższą średnią wartością z_{13} charakteryzowały się ryby złowione w jeziorze Hańcza ($p \leq 0,05$). Współczynniki zmienności (V) tej cechy we wszystkich badanych stadach ryb charakteryzowały się podobnymi, niskimi wartościami (Tabela 7).

Liczba kręgów (z_{14})

Liczba kręgów (z_{14}) u badanych osobników troci ze wszystkich trzech stad zawierała się w zakresie od 53 do 60. Nie stwierdzono istotnych różnic między średnimi wartościami z_{14} w badanych stadach ($p > 0,05$). Współczynniki zmienności (V) tej cechy we wszystkich badanych stadach ryb charakteryzowały się podobnymi, niskimi wartościami (Tabela 7).

Analiza dyskryminacyjna cech merystycznych

Przeprowadzona analiza dyskryminacyjna cech merystycznych wyodrębniła pięć cech (z_1 , z_4 , z_6 , z_9 i z_{10}) (Rys. 5) spośród dwunastu analizowanych, które najlepiej różnicowały badane stada troci jeziiorowej. Wartości częściowej *lambdy* Wilksa wskazują, że największą moc dyskryminacyjną miały: liczba promieni miękkich w płetwie piersiowej (z_6), liczba łusek w linii bocznej (z_9) i liczba szeregów łusek od linii bocznej do płetwy grzbietowej (z_{10}). Pozostałe dwie cechy, liczba promieni twardych w płetwie grzbietowej (z_1) i liczba promieni miękkich w płetwie odbytovej (z_4), również posiadały wystarczającą moc dyskryminacyjną umożliwiającą odróżnienie badanych stad ryb (Tabela 8). Obie funkcje, utworzone w trakcie analizy dyskryminacyjnej, okazały się istotne statystycznie (test χ^2 , $p \leq 0,05$) (Tabela 9).

Pierwsza funkcja dyskryminacyjna odpowiada za 86,73% wyjaśnionej wariancji, czyli tyle mocy dyskryminacyjnej było wyjaśniane przez tę funkcję. Największy wpływ na tę funkcję miały cechy z_6 i z_9 . Druga funkcja dyskryminacyjna wyjaśnia tylko 13,27% wariancji. Największy wpływ na tę funkcję miały odpowiednio cechy z_{10} i z_6 (Tabela 10). Z pierwszą funkcją dyskryminacyjną najsilniej skorelowane były cechy z_6 i z_9 , zaś z drugą cechy z_1 , z_6 i z_{10} (Tabela 11).

Na podstawie średnich wartości zmiennych dyskryminacyjnych stwierdzono, że pierwsza funkcja dyskryminacyjna zdecydowanie odróżnia osobniki troci jeziiorowej pochodzące ze stada Wdzydze od ryb z pozostałych dwóch stad (średnia wartość zmiennych dyskryminacyjnych dla ryb z tego stada wyraźnie różni się od pozostałych średnich wartości). Druga funkcja dyskryminacyjna wyróżnia trocie pochodzące ze stada Hańcza (Tabela 12). Należy jednak zaznaczyć, że funkcja ta ma małą moc dyskryminacyjną i wyjaśnia jedynie niewielki procent wariancji. Graficzną interpretację uzyskanych wyników obrazuje wykres rozrzutu utworzony na bazie obu obliczonych funkcji dyskryminacyjnych (Rys. 6).

Klasyfikację poszczególnych osobników troci jeziorowej oparto na podstawie uprzednio przeprowadzonej analizie dyskryminacyjnej cech merystycznych. Przeprowadzona analiza trafności klasyfikacji wszystkich osobników troci jeziorowej do badanych stad wykazała poprawność klasyfikacji na poziomie nieco ponad 70%. Najwyższy, poprawny odsetek klasyfikacji (87,85%) uzyskano dla troci ze stada hodowanego w Gawrych Rudzie. Trocie pozyskane ze stada Wdzydze klasyfikowano z prawie 55% dokładnością, a w przypadku troci ze stada Hańcza żadnego osobnika nie zaklasyfikowano poprawnie (Tabela 13).

Cechy biometryczne

Długość boczna głowy (x_1)

Średnia długość boczna głowy ryb ze stada Wdzydze okazała się istotnie wyższa niż troci pochodzących ze stada Gawrych Ruda oraz stada Hańcza ($p \leq 0,05$). Nie stwierdzono istotnych statystycznie różnic między średnią długością boczną głowy troci pochodzących ze stada w Gawrych Rudzie i stada Hańcza. Wartości współczynników zmienności (V) tej cechy u ryb z jeziora Wdzydze oraz z jeziora Hańcza były niższe niż zanotowane dla ryb hodowanych w Gawrych Rudzie (Tabela 14). Związek długości bocznej głowy (x_1) ze standardową długością ciała miał charakter prostoliniowy (Tabela 15). U wszystkich badanych stad troci względna długość boczna głowy nie zmieniała się istotnie wraz ze wzrostem długości ich ciała ($b_0 = 0$, $p > 0,05$) (Tabela 16).

Podobne proporcje dotyczące długości bocznej głowy posiadały ryby pozyskane z Ośrodka w Gawrych Rudzie i z jeziora Hańcza oraz te pozyskane z jezior Wdzydze i Hańcza, ponieważ proste charakteryzujące związek długości bocznej głowy ze standardową długością ciała troci między tymi stadami, były równoległe i pokrywały się ($b_{1GR} = b_{1H}$, $b_{1W} = b_{1H}$, $b_{0GR} = b_{0H}$, $b_{0W} = b_{0H}$, $p > 0,05$). Ryby z jeziora Wdzydze charakteryzowały się natomiast względnie dłuższą głową niż ryby pochodzące ze stada Gawrych Ruda ponieważ proste, opisujące związek tej cechy ze standardową długością ciała troci z tych dwóch stad, nie były równoległe ($b_{1W} \neq b_{1GR}$, $p \leq 0,05$) (Tabela 17).

Długość przedocznna (x_2)

W przypadku długości przedocznej nie stwierdzono statystycznie istotnych różnic między badanymi stadami ryb ($p > 0,05$). Obliczona wartość współczynnika zmienności (V) tej cechy okazała się prawie dwukrotnie wyższa u ryb wywodzących się ze stada w Gawrych Rudzie, niż ta zanotowana dla ryb pochodzących z pozostałych

dwóch stad (Tabela 14). Związek długości przedocznej (x_2) ze standardową długością ciała miał charakter prostoliniowy (Tabela 15). Stwierdzono jednocześnie, że względna długość przedoczna rosła proporcjonalnie wraz ze wzrostem długości ciała ryb we wszystkich badanych stadach ryb ($b_0 = 0$, $p \leq 0,05$) (Tabela 16) z zachowaniem podobnych proporcji tej cechy, ponieważ proste regresji opisujące związek cechy x_2 z długością ciała ryb w poszczególnych stadach, były równoległe i pokrywały się ($b_{1W} = b_{1GR}$, $b_{1GR} = b_{1H}$, $b_{1W} = b_{1H}$, $b_{0W} = b_{0GR}$, $b_{0GR} = b_{0H}$, $b_{0W} = b_{0H}$, $p > 0,05$) (Tabela 17).

Średnica oka (x_3)

Średnica oka troci nie różniła się statystycznie istotnie między badanymi stadami ($p > 0,05$). Współczynniki zmienności (V) tej cechy osiągnęły stosunkowo wysokie wartości. Najwyższym współczynnikiem charakteryzowały się trocie ze stada hodowanego w Gawrych Rudzie, zaś nieco mniejszymi ryby pozyskane z jezior Wdzydze i Hańcza (Tabela 14). Związek między średnicą oka a standardową długością ciała miał charakter prostoliniowy (Tabela 15). W oparciu o przeprowadzone analizy stwierdzono, że względna średnica oka zmniejszała się wraz ze wzrostem długości ciała u wszystkich badanych grup ryb ($b_0 = 0$, $p \leq 0,05$) (Tabela 16).

Analizując proste regresji opisujące związek średnicy oka ze standardową długością ciała troci w poszczególnych stadach można stwierdzić, iż ryby ze stawów Ośrodku w Gawrych Rudzie charakteryzowały się większą średnicą oka niż trocie pochodzące z jeziora Wdzydze (proste nie były równoległe, $b_{1W} \neq b_{1GR}$, $p \leq 0,05$). Natomiast wielkość średnicy oka między rybami pochodzącymi z Gawrych Rudy i z jeziora Hańcza oraz między osobnikami pochodzącymi z jezior Wdzydze i Hańcza zachowywała podobne proporcje (proste były równoległe i pokrywały się, $b_{1GR} = b_{1H}$, $b_{1W} = b_{1H}$, $b_{0GR} = b_{0H}$, $b_{0W} = b_{0H}$, $p > 0,05$) (Tabela 17).

Przestrzeń zaoczna (x_4)

Przestrzeń zaoczna troci pochodzących z jeziora Wdzydze była istotnie wyższa niż u ryb z Gawrych Rudy ($p \leq 0,05$). Nie stwierdzono istotnych statystycznie różnic dla obliczonych średnich cechy x_4 między rybami z jeziora Hańcza a trociami pochodzącymi z pozostałych dwóch stad. Współczynniki zmienności (V) tej cechy charakteryzowały się relatywnie niskimi wartościami, nieprzekraczającymi w każdym ze stad 5% (Tabela 14). Związek między długością przestrzeni zaocznej a standardową długością ciała miał charakter prostoliniowy (Tabela 15). Stwierdzono, że wielkość tej

cechy zwiększała się proporcjonalnie wraz ze wzrostem długości ciała u troci pochodzących z jeziora Wdzydze i ze stawów w Gawrych Rudzie ($b_0 = 0$, $p \leq 0,05$), natomiast u ryb z jeziora Hańcza nie ulegała zmianie ($b_0 = 0$, $p > 0,05$) (Tabela 16).

Podobne proporcje dotyczące wielkości przestrzeni zaocznej posiadają ryby pochodzące z Ośrodka w Gawrych Rudzie i z jeziora Hańcza oraz te pozyskane z jezior Wdzydze i Hańcza, ponieważ proste charakteryzujące związek wielkości przestrzeni zaocznej ze standardową długością ciała troci w tych stadach, były równoległe i pokrywały się ($b_{1GR} = b_{1H}$, $b_{1W} = b_{1H}$, $b_{0GR} = b_{0H}$, $b_{0W} = b_{0H}$, $p > 0,05$). Trocie z jeziora Wdzydze charakteryzują się natomiast względnie większą przestrzenią zaoczną niż ryby pochodzące z Gawrych Rudy, ponieważ proste opisujące związek tej cechy ze standardową długością ich ciała nie były równoległe ($b_{1W} \neq b_{1GR}$, $p \leq 0,05$) (Tabela 17).

Wysokość głowy przez źrenicę (x_5)

Istotnie większą wysokością głowy mierzoną przez średnicę oka w odniesieniu do ryb z pozostałych dwóch stad charakteryzowały się ryby pochodzące hodowli w Gawrych Rudzie ($p \leq 0,05$). Trocie te posiadały także najwyższy współczynnik zmienności (V) tej cechy, przekraczający 10% (Tabela 14). Związek wysokości głowy (x_5) a standardową długością ciała ryb we wszystkich badanych stadach ryb był prostoliniowy (Tabela 15). Wartość tej cechy nie zmieniała się wraz ze wzrostem długości ciała ryb pochodzących z badanych stad ($b_0 = 0$, $p > 0,05$) (Tabela 16).

Analizując proste regresji opisujące związek wysokości głowy mierzonej przez średnicę oka ze standardową długością ciała troci w poszczególnych stadach można stwierdzić, iż ryby pochodzące z Gawrych Rudy charakteryzowały się większą wysokością głowy niż trocie pochodzące zarówno z jeziora Wdzydze jak i z jeziora Hańcza (proste nie były równoległe, $b_{1W} \neq b_{1GR}$, $b_{1GR} \neq b_{1H}$, $p \leq 0,05$). Natomiast wysokość głowy (x_5) u troci pochodzących ze stada Wdzydze i Hańcza cechowało duże podobieństwo (proste były równoległe i pokrywały się ($b_{1W} = b_{1H}$; $b_{0W} = b_{0H}$, $p > 0,05$) (Tabela 17).

Wysokość głowy przy tułowi (x_6)

Wysokość głowy przy tułowi różniła się istotnie statystycznie między wszystkimi badanymi stadami troci jeziorowych a najniższą jej wartość zanotowano u ryb pochodzących z jeziora Wdzydze ($p \leq 0,05$). Trocie pochodzące z tego jeziora

charakteryzowały się także najniższą wartością współczynnika zmienności (V) tej cechy (Tabela 14). Związek między wysokością głowy przy tułowi a standardową długością ciała miał charakter prostoliniowy (Tabela 15). Wysokość głowy (x_6) nie zmieniała się wraz ze wzrostem długości ciała ryb we wszystkich badanych stadach ($b_0 = 0$, $p > 0,05$) (Tabela 16).

Podobne proporcje dotyczące wysokości głowy przy tułowi posiadają ryby pozyskane z Ośrodka w Gawrych Rudzie i z jeziora Hańcza oraz te pozyskane z jezior Wdzydze i Hańcza, ponieważ proste charakteryzujące związek tej cechy ze standardową długością ciała troci w tych stadach były równoległe i pokrywały się ($b_{1GR} = b_{1H}$, $b_{1W} = b_{1H}$, $b_{0GR} = b_{0H}$, $b_{0W} = b_{0H}$, $p > 0,05$). Ryby z jeziora Wdzydze charakteryzowały się natomiast względnie mniejszą wysokością głowy przy tułowi niż ryby pochodzące z Gawrych Rudy, ponieważ proste opisujące związek tej cechy ze standardową długością ich ciała w tych stadach nie były równoległe ($b_{1W} \neq b_{1GR}$, $p \leq 0,05$) (Tabela 17).

Wysokość głowy (na końcu pokryw skrzelowych) (x_7)

Wysokość głowy ustalana na końcu pokryw skrzelowych ryb różniła się istotnie statystycznie między wszystkimi badanymi stadami a najwyższą jej wartość wykazano dla troci pochodzących ze stada w Gawrych Rudzie ($p \leq 0,05$). Najniższą wartością współczynnika zmienności (V) tej cechy charakteryzowały się trocie pochodzące z jeziora Wdzydze (Tabela 14). Związek między wysokością głowy (x_7) a standardową długością ciała ryb miał charakter prostoliniowy (Tabela 15). Wysokość głowy (x_7) nie zmieniała się wraz ze wzrostem długości ciała ryb w badanych stadach ($b_0 = 0$, $p > 0,05$) (Tabela 16).

Analiza przebiegu prostych regresji opisujących związek między wysokością głowy na końcu pokryw skrzelowych a standardową długością ciała troci w poszczególnych stadach wykazała, iż ryby pochodzące z Gawrych Rudy charakteryzowały się większą wysokością głowy niż trocie pochodzące z jeziora Wdzydze (proste nie były równoległe, $b_{1W} \neq b_{1GR}$, $p \leq 0,05$). Natomiast wielkość tej cechy między rybami pochodzącymi ze stad Gawrych Ruda i Hańcza oraz między osobnikami pochodzącymi z jezior Wdzydze i Hańcza zachowywała podobne proporcje (proste były równoległe i pokrywały się, $b_{1GR} = b_{1H}$, $b_{1W} = b_{1H}$, $b_{0GR} = b_{0H}$, $b_{0W} = b_{0H}$, $p > 0,05$) (Tabela 17).

Szerokość głowy (x_8)

Szerokość głowy różniła się istotnie statystycznie między wszystkimi badanymi stadami troci jeziorowej. Najwyższą średnią wartość tej cechy zanotowano u ryb pochodzących ze stada w Gawrych Rudzie ($p \leq 0,05$). Trocie pochodzące z tego stada charakteryzowały się także najwyższą wartością współczynnika zmienności (V) tej cechy, który w pozostałych stadach nie przekraczał wartości 10% (Tabela 14). Związek między szerokością głowy a standardową długością ciała ryb miał charakter prostoliniowy (Tabela 15). U ryb z jeziora Wdzydze wielkość tej cechy zmniejszała się wraz ze wzrostem długości ich ciała ($b_0 = 0$, $p \leq 0,05$), natomiast u troci pozyskanych z pozostałych dwóch stad była na stałym poziomie ($b_0 = 0$, $p > 0,05$) (Tabela 16).

Analizując proste regresji opisujące związek między szerokością głowy a standardową długością ciała troci w poszczególnych stadach można stwierdzić, iż ryby pochodzące z jeziora Wdzydze charakteryzowały się mniejszą szerokością głowy niż te pochodzące zarówno z Gawrych Rudy jak i z jeziora Hańcza (proste nie były równoległe, $b_{1W} \neq b_{1GR}$, $b_{1W} \neq b_{1H}$, $p \leq 0,05$). Natomiast wielkość tej cechy u troci ze stad pochodzących z Gawrych Rudy i Hańczy cechowało duże podobieństwo (proste były równoległe i pokrywały się ($b_{1GR} = b_{1H}$; $b_{0GR} = b_{0H}$, $p > 0,05$) (Tabela 17).

Długość przedgrzbietowa (x_9)

Długość przedgrzbietowa troci pochodzących z jeziora Wdzydze była istotnie niższa niż u ryb ze stada Gawrych Ruda ($p \leq 0,05$). Nie stwierdzono istotnych statystycznie różnic dla średnich wartości tej cechy między rybami pochodzącymi z jeziora Hańcza a trociami z pozostałych dwóch stad ($p > 0,05$). Współczynniki zmienności (V) długości przedgrzbietowej ryb charakteryzowały się relatywnie niskimi wartościami, nieprzekraczającymi 5% w każdym z badanych stad (Tabela 14). Związek między długością przedgrzbietową a długością ciała ryb miał charakter prostoliniowy (Tabela 15). U troci pozyskanych z jeziora Wdzydze i ze stawów w Gawrych Rudzie względna długość przedgrzbietowa rosła wraz ze wzrostem ich długości ciała ($b_0 = 0$, $p \leq 0,05$), podczas gdy u troci pozyskanych ze stada Hańcza jej tendencja wzrostowa nie była istotna statystycznie ($b_0 = 0$, $p > 0,05$) (Tabela 16).

Zbliżone proporcje dotyczące długości przedgrzbietowej posiadały ryby pozyskane ze stad Gawrych Ruda i Hańcza oraz te pozyskane z jezior Wdzydze i Hańcza, ponieważ proste charakteryzujące związek między długością przedgrzbietową

a standardową długością ciała troci w tych stadach, były równoległe i pokrywały się ($b_{1GR} = b_{1H}$, $b_{1W} = b_{1H}$, $b_{0GR} = b_{0H}$, $b_{0W} = b_{0H}$, $p > 0,05$). Ryby z jeziora Wdzydze charakteryzowały się natomiast względnie mniejszą długością przedgrzbietową niż ryby pochodzące z Gawrych Rudy, ponieważ proste, opisujące związek między tą cechą a standardową długością ich ciała w obu stadach nie były równoległe ($b_{1W} \neq b_{1GR}$, $p \leq 0,05$) (Tabela 17).

Długość od operculum do początku płetwy grzbietowej (x_{10})

Długość mierzona od operculum do początku płetwy grzbietowej u troci ze stada Wdzydze była istotnie niższa niż średnia wartość tej cechy odnotowana dla ryb pochodzących z pozostałych dwóch stad ($p \leq 0,05$). Nie stwierdzono istotnych statystycznie różnic między średnimi wartościami tej cechy u troci pochodzących z Ośrodka w Gawrych Rudzie i z jeziora Hańcza ($p > 0,05$). Współczynniki zmienności (V) tej cechy charakteryzowały się stosunkowo niskimi wartościami, mieszczącymi się w zakresie 6,3-7,4% (Tabela 14). Związek między długością od operculum do początku płetwy grzbietowej a długością ciała ryb był prostoliniowy (Tabela 15). U troci ze stad Wdzydze i Gawrych Ruda względna wartość tej cechy rosła wraz ze wzrostem ich długości ciała ($b_0 = 0$, $p \leq 0,05$), natomiast u ryb ze stada Hańcza zaobserwowana tendencja wzrostowa nie była istotna statystycznie ($b_0 = 0$, $p > 0,05$) (Tabela 16).

Analiza przebiegu prostych regresji opisujących związek między długością mierzoną od operculum do początku płetwy grzbietowej a standardową długością ciała troci w poszczególnych stadach wykazała, iż ryby pochodzące z Gawrych Rudy charakteryzowały się stosunkowo większą wartością tej cechy niż trocie pochodzące z jeziora Wdzydze (proste były równoległe, ale nie pokrywały się, $b_{1W} = b_{1GR}$, $p > 0,05$; $b_{0W} \neq b_{0GR}$, $p \leq 0,05$). Natomiast wielkość tej cechy u osobników pochodzących z Gawrych Rudy i z jeziora Hańcza oraz tych pochodzących z jezior Wdzydze i Hańcza zachowywała podobne proporcje (proste były równoległe i pokrywały się ($b_{1GR} = b_{1H}$, $b_{1W} = b_{1H}$, $b_{0GR} = b_{0H}$, $b_{0W} = b_{0H}$, $p > 0,05$) (Tabela 17).

Długość przedanalna (x_{11})

Długość przedanalna ryb ze stawów w Gawrych Rudzie była istotnie większa niż średnie tej cechy obliczone dla ryb z jezior Wdzydze i Hańcza ($p \leq 0,05$). Nie stwierdzono istotnych statystycznie różnic między średnimi tej cechy uzyskanymi dla troci ze stad Wdzydze i Hańcza ($p > 0,05$). Współczynniki zmienności (V) długości

przedanalnej charakteryzowały się niskimi wartościami, nieprzekraczającymi 2% w poszczególnych stadach (Tabela 14). Związek między długością przedanalną a standardową długością ciała ryb miał charakter prostoliniowy (Tabela 15). We wszystkich badanych stadach troci względna długość przedanalna rosła wraz ze wzrostem długości ich ciała ($b_0 = 0$, $p \leq 0,05$) (Tabela 16).

Podobne proporcje dotyczące długości przedanalnej posiadają ryby pozyskane z Ośrodka w Gawrych Rudzie i z jeziora Wdzydze, ponieważ proste charakteryzujące związek między tą cechą a standardową długością ich ciała w badanych stadach były równoległe i pokrywały się ($b_{1GR} = b_{1W}$, $b_{0GR} = b_{0W}$, $p > 0,05$). Natomiast po analizie prostych regresji obrazujących zależność między długością przedanalną a standardową długością ciała troci w stadach Wdzydze i Hańcza (proste nie były równoległe, $b_{1W} \neq b_{1H}$, $p \leq 0,05$) oraz w stadach Gawrych Ruda i Hańcza (proste były równoległe, ale nie pokrywały się $b_{1H} = b_{1GR}$, $p > 0,05$; $b_{0H} \neq b_{0GR}$, $p \leq 0,05$) dla tej cechy nie można wskazać wyraźnego podobieństwa między wymienionymi stadami (Tabela 17).

Długość zagrzbietowa (x_{12})

Nie stwierdzono istotnych różnic między badanymi stadami ryb w przypadku długości zagrzbietowej troci ($p > 0,05$). Także współczynniki zmienności (V) tej cechy w obrębie badanych stad troci charakteryzowały się podobnymi, relatywnie niskimi wartościami (Tabela 14). Związek długości zagrzbietowej (x_{12}) z długością ciała miał charakter prostoliniowy (Tabela 15). U ryb z jeziora Wdzydze i ze stawów w Gawrych Rudzie względna długość zagrzbietowa zmniejszała się istotnie wraz ze wzrostem długości ciała ryb ($b_0 = 0$, $p \leq 0,05$), podczas gdy u troci pochodzących z jeziora Hańcza obserwowana tendencja nie była istotna statystycznie ($b_0 = 0$, $p > 0,05$) (Tabela 16).

Ponieważ proste charakteryzujące związek między długością zagrzbietową a standardową długością ciała troci w badanych stadach, były równoległe i pokrywały się ($b_{0GR} = b_{0W}$, $b_{0GR} = b_{0H}$, $b_{0W} = b_{0H}$, $b_{1GR} = b_{1W}$, $b_{1GR} = b_{1H}$, $b_{1W} = b_{1H}$, $p > 0,05$), można stwierdzić, iż cecha ta nie wykazywała zmienności w obrębie tych stad (Tabela 17).

Długość trzonu ogonowego (x_{13})

Długość trzonu ogonowego u troci pochodzących ze stada Gawrych Ruda była istotnie mniejsza niż u ryb pozyskanych z jezior Wdzydze i Hańcza ($p \leq 0,05$). Nie stwierdzono istotnych statystycznie różnic między średnimi wartościami tej cechy w przypadku troci pochodzących ze stad Wdzydze i Hańcza ($p > 0,05$). Współczynniki

zmienności (V) tej cechy charakteryzowały się relatywnie niskimi wartościami, przy czym najwyższą wartość (6,91%) stwierdzono dla ryb z Gawrych Rudy (Tabela 14). Zależność między długością trzonu ogonowego a długością ciała ryb posiadała charakter prostoliniowy (Tabela 15). W wszystkich badanych stadach troci względna długość trzonu ogonowego zmniejszała się istotnie wraz ze wzrostem długości ich ciała ($b_0 = 0$, $p \leq 0,05$) (Tabela 16).

Po analizie prostych regresji obrazujących zależność między długością trzonu ogonowego a standardową długością ciała troci w poszczególnych stadach można stwierdzić, iż długość trzonu ogonowego zachowywała podobne wartości w obrębie badanych stad ryb (proste były równoległe i pokrywały się ($b_{0GR} = b_{0W}$, $b_{0GR} = b_{0H}$, $b_{0W} = b_{0H}$, $b_{1GR} = b_{1W}$, $b_{1GR} = b_{1H}$, $b_{1W} = b_{1H}$, $p > 0,05$) (Tabela 17).

Długość trzonu ogonowego do nasady płetwy ogonowej (x_{14})

Nie stwierdzono istotnych różnic międzygrupowych w przypadku długości trzonu ogonowego mierzonej do nasady płetwy ogonowej troci ($p > 0,05$). Współczynniki zmienności (V) tej cechy charakteryzowały się podobnymi wartościami, oscylującymi w okolicach 10%, przy czym w przypadku ryb pochodzących z obu jezior przekroczyły nieznacznie podaną wartość (Tabela 14). Związek między długością trzonu ogonowego (x_{14}) a długością ciała ryb był prostoliniowy (Tabela 15). U ryb pochodzących ze stawów w Gawrych Rudzie względna wartość tej cechy zmniejszała się wraz ze wzrostem ich długości ciała ($b_0 = 0$, $p \leq 0,05$), natomiast u troci z jeziora Wdzydze i Hańcza spadek ten nie był istotny statystycznie ($b_0 = 0$, $p > 0,05$) (Tabela 16).

Analizując przebieg prostych regresji obrazujących zależność między długością trzonu ogonowego (x_{14}) a standardową długością ciała troci w poszczególnych stadach można stwierdzić, iż wielkość tej cechy zachowywała stałe wartości w obrębie badanych stad (proste były równoległe i pokrywały się $b_{0GR} = b_{0W}$, $b_{0GR} = b_{0H}$, $b_{0W} = b_{0H}$, $b_{1GR} = b_{1W}$, $b_{1GR} = b_{1H}$, $b_{1W} = b_{1H}$, $p > 0,05$) (Tabela 17).

Długość od płetwy P do płetwy V (x_{15})

Długość mierzona od płetwy P do płetwy V różniła się istotnie statystycznie między wszystkimi badanymi stadami troci a najwyższą jej wartość uzyskano dla ryb pochodzących ze stada w Gawrych Rudzie ($p \leq 0,05$). Współczynniki zmienności (V) dla tej cechy charakteryzowały się stosunkowo niskimi wartościami,

nieprzekraczającymi 5%, we wszystkich badanych stadach ryb (Tabela 14). Związek między tą cechą a długością ciała ryb miał charakter prostoliniowy (Tabela 15). U wszystkich badanych troci względna długość mierzona od płetwy P do płetwy V istotnie rosła wraz ze wzrostem długości ich ciała ($b_0 = 0$, $p \leq 0,05$) (Tabela 16).

Analiza przebiegu prostych regresji opisujących związek między długością mierzona od płetwy P do płetwy V a standardową długością ciała troci w poszczególnych stadach wykazała, iż ryby pochodzące z jeziora Hańcza różniły się wielkością tej cechy od troci z pozostałych dwóch stad (proste nie były równoległe, $b_{1H} \neq b_{1GR}$, $b_{1W} \neq b_{1H}$, $p \leq 0,05$). Natomiast wielkość tej cechy między rybami pochodzącymi z Gawrych Rudy i z jeziora Wdzydze zachowywała podobne proporcje (proste były równoległe i pokrywały się, $b_{1W} = b_{1GR}$, $b_{0W} = b_{0GR}$, $p > 0,05$) (Tabela 17).

Największa wysokość ciała (x_{16})

Średnia największa wysokość ciała ryb pochodzących ze stada Wdzydze była istotnie niższa niż ta obliczona dla stad Gawrych Ruda i Hańcza ($p \leq 0,05$). Nie stwierdzono istotnych statystycznie różnic między osobnikami troci pochodzącymi ze stawów w Gawrych Rudzie i z jeziora Hańcza ($p > 0,05$). Najwyższą wartość współczynnika zmienności (V) dla tej cechy zanotowano u ryb pochodzących z jeziora Hańcza (10,91%), która była niemal dwukrotnie wyższa niż u troci pochodzących z Gawrych Rudy (Tabela 14). Związek między największą wysokością ciała a długością ciała ryb miał charakter prostoliniowy (Tabela 15). We wszystkich badanych stadach względna największa wysokość ciała troci nie zmieniała się istotnie wraz ze wzrostem długości ich ciała ($b_0 = 0$, $p > 0,05$) (Tabela 16).

Po analizie prostych regresji obrazujących zależność między największą wysokością ciała a standardową długością ciała troci w poszczególnych stadach można stwierdzić, iż cecha ta zachowywała podobne wartości w obrębie tych stad (proste były równoległe i pokrywały się $b_{0GR} = b_{0W}$, $b_{0GR} = b_{0H}$, $b_{0W} = b_{0H}$, $b_{1GR} = b_{1W}$, $b_{1GR} = b_{1H}$, $b_{1W} = b_{1H}$, $p > 0,05$) (Tabela 17).

Wysokość ciała od grzbietu do nasady płetwy A (x_{17})

Nie stwierdzono istotnych różnic międzygrupowych w przypadku wysokości ciała troci mierzonej od grzbietu do nasady płetwy A ($p > 0,05$). Najwyższą wartość współczynnika zmienności (V) zanotowano u ryb pochodzących z jeziora Hańcza (9,4%), która była niemal dwukrotnie wyższa niż u troci pochodzących z Gawrych

Rudy i z jeziora Wdzydze (Tabela 14). Związek między wysokością ciała (x_{17}) a standardową długością ciała ryb był prostoliniowy (Tabela 15). Względna wartość tej cechy u troci we wszystkich badanych stadach nie zmieniała się istotnie wraz ze wzrostem długości ich ciała ($b_0 = 0$, $p > 0,05$) (Tabela 16).

Analizując przebieg prostych regresji obrazujących zależność między wysokością ciała (x_{17}) a standardową długością ciała troci w poszczególnych stadach można stwierdzić, iż cecha ta zachowywała stałe wartości w obrębie badanych stad ryb (proste były równoległe i pokrywały się $b_{0GR} = b_{0W}$, $b_{0GR} = b_{0H}$, $b_{0W} = b_{0H}$, $b_{1GR} = b_{1W}$, $b_{1GR} = b_{1H}$, $b_{1W} = b_{1H}$, $p > 0,05$) (Tabela 17).

Najmniejsza wysokość ciała (x_{18})

Najmniejsza wysokość ciała ryb pochodzących ze stada Hańcza była istotnie niższa niż średnia wartość tej cechy obliczona dla stad Gawrych Ruda i Wdzydze ($p \leq 0,05$). Nie stwierdzono istotnych statystycznie różnic między osobnikami troci pochodzącymi ze stawów w Gawrych Rudzie i z jeziora Wdzydze ($p > 0,05$). Największą wartość współczynnika zmienności (V) tej cechy zanotowano u ryb pochodzących z jeziora Hańcza (6,9%), która była nieznacznie wyższa niż w przypadku troci pochodzących z pozostałych dwóch stad (Tabela 14). Związek między najmniejszą wysokością ciała a długością ciała troci miał charakter prostoliniowy (Tabela 15). U ryb ze stada w Gawrych Rudzie względna najmniejsza wysokość ciała zmniejszała się istotnie wraz ze wzrostem ich długości ciała ($b_0 = 0$, $p \leq 0,05$), natomiast u troci z jezior Wdzydze i Hańcza nie ulegała ona istotnym zmianom ($b_0 = 0$, $p > 0,05$) (Tabela 16).

Analizując proste regresji opisujące związek między najmniejszą wysokością ciała a standardową długością ciała troci w poszczególnych stadach można stwierdzić, iż ryby pochodzące z jeziora Wdzydze charakteryzowały się większą najmniejszą wysokością ciała niż te pochodzące z Gawrych Rudy (proste nie były równoległe, $b_{1W} \neq b_{1GR}$, $p \leq 0,05$). Natomiast wielkość tej cechy między rybami pochodzącymi z Gawrych Rudy i z jeziora Hańcza oraz między osobnikami pochodzącymi z jezior Wdzydze i Hańcza zachowywała podobne proporcje (proste były równoległe i pokrywały się, $b_{1GR} = b_{1H}$, $b_{1W} = b_{1H}$, $b_{0GR} = b_{0H}$, $b_{0W} = b_{0H}$, $p > 0,05$) (Tabela 17).

Szerokość tułowia (x_{19})

Szerokość tułowia ryb pochodzących z jeziora Wdzydze była istotnie niższa niż u ryb pochodzących ze stawów w Gawrych Rudzie i z jeziora Hańcza ($p \leq 0,05$). Nie

stwierdzono istotnych statystycznie różnic między średnimi wartościami tej cechy obliczonymi dla troci pochodzących ze stad w Gawrych Rudzie i z jeziora Hańcza ($p > 0,05$). Największą wartość współczynnika zmienności (V) tej cechy zanotowano u ryb pochodzących z jeziora Hańcza (9,9%), która była nieznacznie wyższa od tych wykazanych dla troci pochodzących pozostałych dwóch stad (Tabela 14). Związek między szerokością tułowia a długością ciała ryb miał charakter prostoliniowy (Tabela 15). We wszystkich badanych stadach względna szerokość tułowia troci nie wykazywała istotnych zmian wraz ze wzrostem długości ich ciała ($b_0 = 0$, $p > 0,05$) (Tabela 16).

Analiza prostych regresji opisujących związek między szerokością tułowia a standardową długością ciała troci w poszczególnych stadach pozwoliła stwierdzić, iż ryby pochodzące z jeziora Wdzydze charakteryzowały się mniejszą szerokością tułowia niż te pochodzące z Gawrych Rudy (proste nie były równoległe, $b_{1W} \neq b_{1GR}$, $p \leq 0,05$). Natomiast wielkość tej cechy między rybami pochodzącymi z Gawrych Rudy i z jeziora Hańcza oraz między osobnikami pochodzącymi z jezior Wdzydze i Hańcza zachowywała podobne proporcje (proste były równoległe i pokrywały się, $b_{1GR} = b_{1H}$, $b_{1W} = b_{1H}$, $b_{0GR} = b_{0H}$, $b_{0W} = b_{0H}$, $p > 0,05$) (Tabela 17).

Analiza dyskryminacyjna cech biometrycznych (metoda Pravdina)

Przeprowadzona analiza dyskryminacyjna cech biometrycznych wyodrębniła dziewięć cech (x_1 , x_4 , x_7 , x_9 , x_{11} , x_{12} , x_{14} , x_{16} i x_{18}) (Rys. 7), spośród dziewiętnastu analizowanych metodą Pravdina, które najlepiej różnicowały badane stada troci jeziorowej. Wartości cząstkowej *lambda* Wilksa wykazały, że największą moc dyskryminacyjną mają cechy: x_4 – przestrzeń zaoczna, x_7 – wysokość głowy na końcu pokryw skrzelowych, x_9 – długość przdgrzbietowa oraz x_{11} – długość przedanalna. Pozostałe cechy: x_1 – długość boczna głowy, x_{12} – długość zagrbietowa, x_{14} – długość trzonu ogonowego do nasady płetwy ogonowej, x_{16} – największa wysokość ciała oraz x_{18} – najmniejsza wysokość ciała również posiadały wystarczającą moc dyskryminacyjną umożliwiającą odróżnienie badanych stad ryb (Tabela 18). Obie funkcje, utworzone w trakcie analizy dyskryminacyjnej, okazały się istotne statystycznie (test χ^2 , $p \leq 0,05$) (Tabela 19).

Pierwsza funkcja dyskryminacyjna odpowiada za 89,95% wyjaśnionej wariancji co oznacza, że tyle mocy dyskryminacyjnej zostało wyjaśnione przez tę funkcję. Największy wpływ na tę funkcję miały cechy x_7 i x_9 . Druga funkcja dyskryminacyjna

wyjaśnia jedynie 10,15% wariancji, a największy wpływ na tę funkcję miały odpowiednio cechy: x_9 i x_{11} (Tabela 20). Z pierwszą funkcją dyskryminacyjną najsilniej skorelowana jest cecha x_7 , a z drugą funkcją x_{11} (Tabela 21). Na podstawie średnich wartości funkcji dyskryminacyjnych stwierdzono, że pierwsza funkcja dyskryminacyjna zdecydowanie odróżnia trocie jeziorowe ze stada Wdzydze od ryb ze stada Gawrych Ruda, natomiast trocie ze stada Hańcza nie są wyróżnialne (Tabela 22). Druga funkcja dyskryminacyjna wyróżnia trocie pochodzące ze stada Hańcza, jednak podobnie jak w przypadku cech merystycznych funkcja ta posiadała małą moc dyskryminacyjną i wyjaśniała niewielki procent wariancji. Graficzną interpretację uzyskanych wyników obrazuje wykres rozrzutu utworzony na bazie obu obliczonych funkcji dyskryminacyjnych (Rys. 8).

Klasyfikację poszczególnych osobników troci oparto na podstawie uprzednio przeprowadzonej analizie dyskryminacyjnej cech biometrycznych wykorzystanych w metodzie Pravdina. Przeprowadzona analiza trafności klasyfikacji wszystkich osobników troci jeziorowej do badanych stad wykazała poprawność klasyfikacji na poziomie ponad 92%. Najwyższy poprawny procent klasyfikacji uzyskano dla troci pochodzących ze stada Gawrych Ruda – 96,49%, natomiast trocie ze stada Wdzydze sklasyfikowano z 94,44% dokładnością. Ryby ze stada Hańcza sklasyfikowano poprawnie w 46,15% (Tabela 23).

Analiza dyskryminacyjna cech biometrycznych (metoda „truss network”)

Przeprowadzona analiza dyskryminacyjna cech biometrycznych wyodrębniła dziesięć cech (y_9 , y_{11} , y_{12} , y_{14} , y_{16} , y_{18} , y_{19} , y_{20} , y_{22} oraz y_{24}) (Rys. 9) spośród 28 analizowanych metodą „truss network”, które najlepiej różnicowały badane stada troci jeziorowej. Wartości częściowej *lambda* Wilksa wykazały, że największą moc dyskryminacyjną miała cecha y_9 tj. długość mierzona od początku płetwy piersiowej do początku płetwy grzbietowej. Pozostałe wyodrębnione cechy: y_{11} - długość od początku płetwy grzbietowej do początku płetwy brzusznej, y_{12} - długość nasady płetwy grzbietowej, y_{14} - długość od początku płetwy brzusznej do tylnego przyczepu płetwy grzbietowej, y_{16} - długość od tylnego przyczepu płetwy grzbietowej do początku płetwy odbytowej, y_{18} - długość od tylnego przyczepu płetwy grzbietowej do tylnego przyczepu płetwy odbytowej, y_{19} - długość od początku płetwy odbytowej do początku płetwy tłuszczowej, y_{20} - długość nasady płetwy odbytowej, y_{22} - długość od początku

płetwy tłuszczowej do początku grzbietowego płata płetwy ogonowej oraz y_{24} - długość od tylnego przyczepu płetwy odbytowej do początku grzbietowego płata płetwy ogonowej również posiadały wystarczającą moc dyskryminacyjną umożliwiającą odróżnienie badanych stad ryb (Tabela 24). Obie funkcje, utworzone w trakcie analizy dyskryminacyjnej, okazały się istotne statystycznie (test χ^2 , $p \leq 0,05$) (Tabela 25).

Pierwsza funkcja dyskryminacyjna odpowiada za 82,20% wyjaśnionej wariancji co odpowiada mocy dyskryminacyjnej tej funkcji. Największy wpływ na pierwszą funkcję dyskryminacyjną miały cechy y_9 i y_{16} . Druga funkcja dyskryminacyjna wyjaśnia 17,80% wariancji a największy wpływ na jej moc dyskryminacyjną miała cecha y_{19} (Tabela 26). Z pierwszą funkcją dyskryminacyjną najsilniej skorelowana była cecha y_9 , natomiast z drugą funkcją trzy cechy biometryczne: y_{12} , y_{14} i y_{19} (Tabela 27). Na podstawie średnich wartości funkcji dyskryminacyjnych stwierdzono, iż pierwsza funkcja dyskryminacyjna pozwala na wyraźne odróżnienie ryb pochodzących ze stada Wdzydze od troci z pozostałych dwóch stad. Druga funkcja dyskryminacyjna wyróżnia trocie ze stada Hańcza (Tabela 28). Graficzną interpretację uzyskanych wyników obrazuje wykres rozrzutu utworzony na bazie obu obliczonych funkcji dyskryminacyjnych (Rys. 10).

Klasyfikację poszczególnych osobników troci oparto na podstawie uprzednio przeprowadzonej analizy dyskryminacyjnej cech biometrycznych wykorzystanych w metodzie „truss network”. Przeprowadzona analiza trafności klasyfikacji wszystkich osobników troci jeziorowej do badanych stad wykazała poprawność klasyfikacji na poziomie prawie 89%. Najwyższy poprawny procent klasyfikacji uzyskano dla troci pochodzących ze stada Gawrych Ruda (92,98%), natomiast trocie z jeziora Wdzydze sklasyfikowano z 88,68% dokładnością a ryby ze stada Hańcza sklasyfikowano poprawnie w 53,85% (Tabela 29).

Indeksy hodowlane

Współczynnik Fultona (K)

Najniższą kondycją, mierzoną współczynnikiem Fultona (K), charakteryzowała się troć ze stada Wdzydze. Średnia wartość współczynnika K dla ryb z tego stada była statystycznie istotnie niższa od średniej wartości obliczonej dla troci ze stada Gawrych Ruda ($p \leq 0.05$). Natomiast w stosunku do ryb ze stada Hańcza różnica ta nie była statystycznie istotna ($p > 0,05$). Podobnie, nie stwierdzono istotnych statystycznie

różnic między średnimi wartościami współczynnika Fultona obliczonymi dla troci ze stad Gawrych Ruda i Hańcza ($p > 0,05$) (Tabela 30).

Indeks wygrzbiecienia (G)

Średnia wartość indeksu wygrzbiecienia (G) dla ryb ze stada Wdzydze była statystycznie istotnie wyższa od średnich wartości tego wskaźnika obliczonych dla troci pochodzących z pozostałych dwóch stad ($p \leq 0,05$). Nie stwierdzono istotnych statystycznie różnic między średnimi wartościami indeksu wygrzbiecienia ustalonymi dla troci pochodzących ze stad Gawrych Ruda i Hańcza ($p > 0,05$) (Tabela 30).

Indeks masy na jednostkę długości (I)

Najwyższą wartością indeksu masy na jednostkę długości (I) charakteryzowała się troć ze stada Gawrych Ruda. Średnia wartość indeksu I dla ryb z tego stada była statystycznie istotnie wyższa od średnich obliczonych dla troci z pozostałych dwóch stad ($p \leq 0,05$). Nie stwierdzono istotnych statystycznie różnic między średnimi wartościami indeksu I obliczonymi dla troci ze stad Hańcza i Wdzydze ($p > 0,05$) (Tabela 30).

Udział procentowy tuszki w całkowitej masie ryby (T)

Najniższą wartością współczynnika rzeźnego, mierzoną udziałem procentowym tuszki w stosunku do całkowitej masy ciała ryby (T), charakteryzowała się troć ze stada Gawrych Ruda. Średnia wartość wskaźnika T dla ryb z tego stada była statystycznie istotnie niższa od średnich wartości tego wskaźnika dla ryb z pozostałych dwóch stad ($p \leq 0,05$). Nie stwierdzono istotnych statystycznie różnic między średnimi wartościami wskaźnika T obliczonymi dla troci ze stad Hańcza i Wdzydze ($p > 0,05$) (Tabela 30).

Udział procentowy fileta w całkowitej masie ryby (F)

Najwyższym udziałem procentowym fileta w stosunku do całkowitej masy ryby (F) charakteryzowała się troć ze stada Hańcza. Średnia wartość wskaźnika F dla ryb z tego stada była statystycznie istotnie wyższa od średnich wartości obliczonych dla troci z pozostałych badanych stad ($p \leq 0,05$). Nie stwierdzono istotnych statystycznie różnic między średnimi wartościami tego wskaźnika obliczonymi dla troci ze stad Gawrych Ruda i Wdzydze ($p > 0,05$) (Tabela 30).

5. Dyskusja

Troć (*Salmo trutta* L.) jest z całą pewnością gatunkiem ważnym w kontekście zachowania bioróżnorodności rodzimej ichtiofauny, uznawanym m.in. za bioindykator jakości środowiska wodnego. Troć jeziorowa (*Salmo trutta* m. *lacustris*), będąca niemigrującą formą tego gatunku, w Polsce występuje obecnie w nielicznych kompleksach jeziorowo-rzecznych, a jej rodzime populacje stopniowo stają się coraz mniej liczne (Kozłowski i in. 2008, Radtke i Bartel 2011). Podłożem takiej tendencji jest ogólnie pojęta antropopresja, przejawiająca się głównie głębokimi przekształceniami ekosystemów wodnych związanych z zabiegami regulacyjnymi i melioracyjnymi, zabudową hydrotechniczną cieków, zanieczyszczeniami wód, czy też nadmierną presją połowową (Sych 1998). Na fakt, iż troć jeziorowa należy do gatunków zagrożonych wyginięciem, wpływa niewątpliwie również to, iż ma wysokie wymagania środowiskowe, zarówno jeśli chodzi o parametry wody, jak i warunki sprzyjające odbyciu naturalnego tarła oraz rozwoju jej stadiów młodocianych (Denic i Geist 2009, Radtke i Bartel 2011). Dobrym przykładem obrazującym zachodzące zmiany na tym polu jest sytuacja dotycząca populacji troci jeziorowej występującej natywnie w kompleksie jezior Wdzydzkich, w dorzeczu górnej Wdy na pojezierzu Kaszubskim. W celu odbudowy i utrzymania troci w kompleksie tych jezior, od początku lat 90. XX wieku podjęto szereg działań związanych z ochroną jej naturalnych siedlisk oraz wspomaganiem populacji tego gatunku drogą zabiegów przynależnych akwakulturze zachowawczej (Radtke 1992, 1994, 2009). Jednym z elementów takich działań było rozpoczęcie jej hodowli w Ośrodku Zarybieniowym PZW w Gawrych Rudzie w oparciu o sprowadzoną ikrę pochodzącą od tarlaków troci z jeziora Wdzydze. Oprócz zabezpieczenia puli genowej tej ekologicznej formy troci, celem prac była jej reintrodukcja do wód Suwalszczyzny w oparciu o uzyskany materiał zarybieniowy, co udało się zrealizować w przypadku kilku jezior (Chybowski i Stabiński 1996, Stabiński i Chybowski 2009).

Materiał badawczy niniejszej dysertacji stanowiły osobniki troci jeziorowej należące obecnie do trzech stad, pierwotnie wywodzące się od tarlaków zasiedlających jezioro Wdzydze. Pozyskano w tym celu trocie bytujące naturalnie w jeziorze Wdzydze, ryby wyhodowane i utrzymywane w stawach Ośrodka PZW w Gawrych Rudzie oraz te pochodzące z zarybień jeziora Hańcza wywodzące się z hodowli w Gawrych Rudzie. Podstawą takiego doboru materiału do badań były udokumentowane fakty dotyczące

wpływu zróżnicowanych i modyfikowanych warunków środowiska bytowania troci oraz prowadzenia standardowych prac hodowlanych na ich zmienność morfologiczną.

Generalnie ryby wykazują dużą zmienność cech morfologicznych, wynikającą z konieczności dostosowania się organizmu do warunków środowiska, co określa się mianem zjawiska plastyczności fenotypowej (Svanbäck i Eklöv 2002, Price i in. 2003). Każda zmiana warunków bytowania, niezależnie czy dotyczy środowiska naturalnego czy sztucznie stworzonego przez człowieka, może skutkować szeregiem nowych przystosowań organizmu, często uwidaczniających się zmianami w pokroju ciała ryb (Imre i in. 2002, Price 2006, Matsuzaki i in. 2009). Wpływ warunków środowiska życia ryb na zmienność ich cech morfometrycznych był dotychczas przedmiotem wielu badań (Pravdin 1966, Winans 1984, Nicieza 1995, Pakkasama i Piironen 2001). Podstawowe cechy morfometryczne, takie jak kształt ciała i płetw, jak również cechy merystyczne, np. liczba wyrostków na łukach skrzelowych mogą zmieniać się w czasie i być modelowane przez temperaturę wody czy gęstość obsad w warunkach hodowlanych (Campbell i in. 2021, Greenberg i in. 2021). Według Yaripoura i współpracowników (2020) potomstwo troci przetrzymanej w warunkach kontrolowanych charakteryzuje się zupełnie odmiennym fenotypem a także wzorcami zachowań, niż potomstwo wywodzące się od dziko żyjących tarlaków. W przypadku polskich populacji troci jeziorowej analizy porównawcze dotyczyły dotychczas najczęściej wzrostu długości i masy ciała poszczególnych osobników, natomiast nie badano ewentualnych wewnątrzgatunkowych różnic morfometrycznych. Dlatego też celem niniejszej pracy była charakterystyka porównawcza zróżnicowania morfometrycznego (cech merystycznych i biometrycznych), poszerzona o analizę tempa wzrostu oraz obliczonych wskaźników hodowlanych osobników należących do trzech stad troci jeziorowej oraz próba określenia, które z badanych cech morfometrycznych wykazują zróżnicowanie na poziomie umożliwiającym ich identyfikację.

Wojno (1961) w swoich badaniach odnotował, iż nieco wolniejszym tempem wzrostu długości ciała cechowały się trocie jeziorowe zamieszkujące wody północnych terenów Polski, zaś szybszym ryby wywodzące się z populacji bytujących w południowych obszarach kraju. Obserwacje te pokrywają się z tymi poczynionymi wcześniej, związanymi z okresem przebywania narybku w rzekach i wolniejszym wzrostem, znacznie dłuższym w północnej niż południowej strefie geograficznej (Nümann 1953, Bartel 1964). Co ciekawe, porównanie tempa wzrostu ryb zasiedlających jezioro Wdzydze, wskazuje na istotne jego spowolnienie na przestrzeni

ostatnich kilku dekad (Bartel 1988, 2000). Prawdopodobną przyczyną takiego zjawiska są zmiany środowiskowe i systematycznie pogarszające się warunki bytowania troci w tym zbiorniku. Spośród trzech stad troci jeziorowej, będących obiektem badań niniejszej pracy, najszybszym tempem wzrostu długości ciała charakteryzowały się trocie hodowlane w Ośrodku w Gawrych Rudzie, a najwolniejszym te bytujące w jeziorze Wdzydze. Jednocześnie do drugiego roku życia, najwolniej rosły ryby pochodzące ze stada Hańcza, które w kolejnych kilku sezonach przyrastały szybciej w stosunku do troci bytujących w jeziorze Wdzydze. Analogicznie, jak w przypadku długości ciała, ryby pozyskane z jeziora Hańcza do długości 200 mm przyrastały najwolniej, po czym przyrosty ich masy zwiększały swe tempo, przewyższając wzrost osobników należących do stada Wdzydze. Wydaje się zatem, iż kluczowym elementem, mającym decydujący wpływ na wzrost, jest w tym przypadku dostępność pokarmu oraz jakość środowiska wodnego. Oczywistym jest, że stosowanie pasz granulowanych wykorzystywanych w żywieniu troci hodowlanej istotnie wpłynęło na przyspieszenie ich wzrostu, zwłaszcza w początkowym okresie życia. Natomiast w kolejnych latach czynnikiem limitującym przyrosty troci utrzymywanych w warunkach stawowych była prawdopodobnie ograniczona przestrzeń wynikająca z zagęszczenia obsad, w wyniku czego nie obserwowano istotnych różnic w jej przyrostach wobec ryb dzikich odłowionych z obydwu jezior. Odnotowany wolniejszy wzrost troci z jeziora Hańcza w początkowym okresie życia wiązać można ze stopniowym przystosowywaniem się ich po zarybieniu do warunków naturalnych i koniecznością nabycia zdolności zdobywania pokarmu naturalnego, którego zasobność zmienia się sezonowo. Ma to szczególne znaczenie zwłaszcza w odniesieniu do ryb zimnolubnych, dla których zmiany związane z ociepleniem klimatu (zmniejszenie przepływu w rzekach, wzrost temperatury wód) skutkują ograniczeniem dostępnych siedlisk, a w konsekwencji bazy pokarmowej (Wenger i in. 2011). Fakt ten znajduje negatywne odzwierciedlenie w efektach naturalnego rozrodu, gdzie redukcja wielkości ciała osobników corocznie biorących udział w tarle, wpływa istotnie na ilość oraz jakość składanej ikry, a finalnie na wykluwające się potomstwo (Forster i in. 2012). Tego typu niekorzystne zjawisko, przejawiające się spadkiem liczby dużych samic przystępujących do tarła, a także większą liczbą gniazd małych rozmiarów, świadczące o przystępowaniu do rozrodu coraz mniejszych osobników, obserwowane jest w ostatnich latach w kompleksie jezior Wdzydzkich (Radtko 2008). W Stanach Zjednoczonych ograniczenie dostępności habitatów dla ryb z rodzaju *Salmo* zaobserwowano w niemal 50% siedlisk

charakterystycznych dla łososiowatych, przede wszystkim ze względu na stały wzrost temperatury i fluktuacje w poziomie wody związane z cieplejszymi, bardziej deszczowymi zimami (Wenger i in. 2011).

Cechy merystyczne ryb, określane też mianem przeliczalnych, uważane są za niezmiennie w odniesieniu do tempa wzrostu poszczególnych osobników, ponieważ ustalone zostają w okresie rozwoju embrionalnego i larwalnego. Niemniej jednak cechy te we wczesnym okresie rozwoju ontogenetycznego ryb mogą być modyfikowane przez czynniki środowiskowe, głównie przez temperaturę wody (Swain i Lindsey 1986, Lindsey 1988). Największa zmienność dotyczy tych cech, które rozwijają się w późniejszych etapach embriogenezy co sprawia, że są podatne na dłuższe oddziaływanie danego czynnika środowiskowego. Dotyczy to przede wszystkim liczby kręgów i promieni w płetwach, a także liczby łusek w linii bocznej (Vladykov 1934). Warunki, w których przebiega rozwój zarodkowy ryb, różnią się znacznie w przypadku stad dziko żyjących i tych, które są obiektem hodowli. W warunkach hodowlanych stałą praktyką jest manipulowanie termiką wody w trakcie inkubacji ikry w zależności od potrzeb, skutkujące wydłużeniem lub skróceniem embriogenezy ryb, w odróżnieniu do sytuacji mającej miejsce w naturze. Ponadto w warunkach wylęgarniczych inne, kluczowe parametry fizyko-chemiczne wody takie jak zawartość tlenu czy ilość materii organicznej podlegają pełnej kontroli w odróżnieniu od naturalnych tarlisk. Oprócz czynników środowiskowych wpływających na zmienność cech merystycznych, kształtujących się w trakcie rozwoju ontogenetycznego, nie wyklucza się także oddziaływania czynników genetycznych (Barlow 1961, McPhail 1993). Dobór osobników do tarła w warunkach kontrolowanych przez człowieka niewątpliwie może ograniczać pulę genową stada, co z czasem prowadzi do jej uszczuplenia, a tym samym do zmian na poziomie genomu poszczególnych osobników. Biorąc powyższe pod uwagę uzasadnione było zbadanie i porównanie zmienności cech merystycznych w obrębie trzech stad troci jezirowej, z których osobniki pochodzące ze stawów w Gawrych Rudzie i pozyskane z jeziora Hańcza wykluły się w warunkach wylęgarniczych, zaś te złowione w jeziorze Wdzydze pochodziły prawdopodobnie z rekrutacji naturalnej.

Spośród analizowanych 14 cech merystycznych tylko cztery, te związane z liczbą promieni w płetwach oraz te określające liczbę łusek lub ich szeregów związanych z linią boczną ryb, wykazały zróżnicowanie między badanymi stadami troci. Ze względu na fakt, iż cechy merystyczne określa się jako niezmiennie

u poszczególnych osobników, ich znaczenie jest dużo większe w analizach taksonomicznych związanych z rozróżnianiem hybrydów czy też blisko spokrewnionych gatunków (Rosenfield 1998, Eisenhour 1999), niż przy szacowaniu wewnątrzgatunkowej zmienności międzypopulacyjnej (Winans 1985). Niemniej jednak w przypadku badań dotyczących porównania kilku populacji leszcza (*Abramis brama*) pochodzących z geograficznie oddalonych rejonów Polski, zastosowane metody wielowymiarowej analizy cech merystycznych umożliwiło takie rozróżnienie (Szlachciak 2000). W niniejszych badaniach po zastosowaniu analizy dyskryminacyjnej w odniesieniu do cech merystycznych, potwierdzonej przeprowadzeniem analizy trafności klasyfikacji wszystkich osobników troci jeziorowej do badanych stad stwierdzono, iż wymienione cechy różnicowały przede wszystkim trocie pochodzące ze stad w Gawrych Rudzie i z jeziora Wdzydze. Większość osobników pochodzących z jeziora Hańcza zostało błędnie zaklasyfikowanych jako pochodzące ze stada w Gawrych Rudzie. Może to świadczyć, iż obserwowana zmienność cech merystycznych troci jeziorowych pochodzących z trzech badanych stad przebiegała na linii ryby dziko żyjące a hodowlane, gdzie na ich zróżnicowanie mogły wpłynąć prowadzone zabiegi hodowlane związane z doбором osobników przy wykonywanym tarle lub/i warunki środowiskowe kontrolowane przez człowieka w trakcie inkubacji ikry.

Cechy biometryczne ryb, w odróżnieniu do kręgowców stałocieplnych, wykazują większą zmienność zarówno w obrębie jak i między poszczególnymi populacjami. Wynika to z plastyczności przystosowawczej w dużym stopniu uwidaczniającej ich podatność na zmiany fenotypu pod wpływem specyficznych warunków życia (Wimberger 1992). Ze względu na fakt, iż wielkość tych cech ulega zmianom w zależności od wieku oraz od tempa wzrostu ryb, ich analiza poza określeniem zróżnicowania zmienności wewnątrzgatunkowej między poszczególnymi populacjami umożliwia także charakterystykę i dynamikę zmienności danej cechy, a także ocenę jej stabilności w kolejnych etapach życia badanego osobnika. Ustalenie faktycznej zmienności cech biometrycznych ryb wymaga zazwyczaj połączenia analiz statystycznych, umożliwiających zarówno charakterystykę proporcji ciała (analiza jedno- lub dwuwymiarowa – współczynniki procentowe czy też proste regresji), jak i porównanie zmienności wewnątrz- i międzypopulacyjnej (analiza wielowymiarowa – analiza skupień czy też analiza funkcji dyskryminacyjnych) (Szlachciak 2000).

Podobny schemat analizy zmienności cech biometrycznych troci przyjęto w założeniach metodycznych niniejszej pracy.

Analiza prostych regresji uwidoczniła, że 7 z badanych 19 cech biometrycznych troci zebranych metodą pomiarową Pravdina nie wykazywało istotnej zmienności w odniesieniu do wzrostu długości ciała ryb, a 6 spośród nich znalazło się wśród 12 cech biometrycznych, które wykazywały zróżnicowanie między badanymi stadami troci. Długość boczna głowy i jej wysokość mierzona na końcu pokryw skrzelowych okazały się dwiema kluczowymi spośród 4 cech wskazanych przy pomocy analizy funkcji dyskryminacyjnej przy odróżnianiu osobników pochodzących ze stada hodowanego w Gawrych Rudzie od tych bytujących w jeziorze Wdzydze. Ryby hodowlane charakteryzowały się bowiem istotnie krótszą i szerszą głową. Pozostałe dwie cechy biometryczne określone jako kluczowe w różnicowaniu troci pochodzących z tych dwóch stad, czyli przestrzeń zaoczna i długość przedgrzbietowa, były odpowiednio istotnie większa i krótsza u ryb dziko żyjących w jeziorze Wdzydze niż u troci pochodzących ze stawów hodowlanych. Poczynione obserwacje potwierdzają uzyskane wyniki badań przez Vehanena i Huusko (2011), które dotyczyły analizy kształtowania się różnic w pokroju ciała młodocianych osobników *Salmo trutta*, posiadających tę samą pulę genową, ale pochodzących z dwóch różnych środowisk, tj. naturalnego jakim była rzeka Kuusinkijoki w północno-wschodniej Finlandii oraz pozyskanych w wyniku kontrolowanego rozrodu dzikich tarlaków z tego ciek i podchowiwanych w wylęgarni. Stwierdzono, że dziko żyjące pstrągi charakteryzowały się generalnie dłuższą głową i krótszą przednią częścią tułowia np. odległością od końca pyska do końca głowy, czy do końca pokryw skrzelowej, w porównaniu do tych podchowiwanych w wylęgarni. Podobnie silne morfologiczne rozbieżności dotyczące ryb hodowlanych i dziko żyjących zaobserwowano u kilku innych gatunków. Fleming i in. (1994) wykazali, że hodowlane młodociane łosose atlantyckie *Salmo salar* miały mniejsze płetwy i węższe nasady ogona w porównaniu do ryb dzikiego pochodzenia. W tym przypadku, w oparciu jedynie o te 2 cechy morfometryczne, możliwa była 100% skuteczność określania pochodzenia ryb. Natomiast wyniki analiz Guo i in. (2022) u przedstawiciela skorpenowatych *Sebastiscus marmoratus* pokazały, że różnice między dwiema grupami ryb dotyczyły ogólnego profilu ciała, przy czym osobniki hodowlane cechował bardziej wygrzbiecony korpus (w szczególności w okolicy głowy i tułowia), węższe nasady ogonowe, krótsze płetwy oraz wyższa wartość współczynnika kondycji w porównaniu z rybami dziko żyjącymi.

Ponadto pod względem wydajności pływania ryby z wylęgarni radziły sobie gorzej niż dzikie, co przejawiało się mniejszą prędkością i wytrzymałością poruszania się poszczególnych osobników. Zmienność cech morfometrycznych może także wynikać z diety ryb, bądź też różnego wykorzystywania przez nie dostępnych zasobów pokarmowych (Snorrason i in. 1994). Wielokrotnie wykazano, że rodzaj diety może mieć istotny wpływ na kształt głowy (Skúlason i in. 1989, Hegrenes 2001). Wintzer i Motta (2005) opisali takie zmiany, polegające na obecności dłuższej, bardziej wrzecionowatej konstrukcji głowy u dzikiego bassa wielkogębowego *Micropterus salmoides*, w porównaniu z osobnikami hodowanymi. Jednocześnie ustalili, że jest to spowodowane zachowaniem żywieniowym i faktem, iż dzikie osobniki zjadają więcej ofiar, które mają zdolność ucieczki. Podobnych obserwacji dokonali Currens i in. (1989) u łososia *Oncorhynchus tshawytscha* i pstrąga tęczowego *Oncorhynchus mykiss*, gdzie większość cech opisujących wymiary głowy przyjmowała wyższe wartości u tych ryb, którym nie podawano pokarmu. Natomiast znacznie mniej zauważalne zmiany między badanymi grupami, odnotowano w odniesieniu do cech związanych z ogonową częścią ciała. Taki efekt jest prawdopodobnie obserwowany w przypadku porównywanych stad troci jezirowej, wykorzystującej naturalne źródła pokarmu w postaci ryb-ofiar (jezioro Wdzydze) i utrzymywanej w warunkach kontrolowanych, karmionych komponowanymi paszami sztucznymi, na wszystkich etapach jej rozwoju osobniczego (stawy Gawrych Ruda). Potwierdza to tezę, że zwłaszcza morfologia głowy podlega tego typu zmianom, bowiem odzwierciedla ona sposób oraz zwyczaje żywieniowe gatunku (Skúlason i in. 1989).

Przeprowadzona analiza dyskryminacyjna cech biometrycznych (metoda Pravdina) wskazała jedynie jedną potencjalną cechę tj. długość przedanalną, na podstawie której można odróżnić trocie pochodzące ze stad w Gawrych Rudzie od tych pochodzących z jeziora Hańcza i dwie cechy (największą i najmniejszą wysokość ciała) różnicujące trocie z dwóch stad bytujących w badanych jeziorach. Aż 10 spośród badanych cech charakteryzujących trocie bytujące w jeziorze Hańcza wykazywało pośrednie wartości między ustalonymi dla ryb hodowlanych oraz troci złowionych w jeziorze Wdzydze. Analogiczne obserwacje poczyniono w przypadku podchowiwanych w warunkach wylęgarniczych pstrągów, które po wprowadzeniu do środowiska naturalnego, po około sześciu miesiącach cechowały się zbliżoną do ich dzikich odpowiedników morfometrią ciała (Vehanen i Huusko 2011). Może to wskazywać na opóźnianie kształtowania niektórych cech morfologicznych, ważnych

z punktu widzenia bytowania w naturalnym środowisku rzecznym albo szybką adaptację tych cech do nowych warunków, diametralnie różnych od środowiska hodowlanego. Dlatego też istotny jest moment wprowadzania ryb wyprodukowanych w wylęgarni do środowiska naturalnego celem ułatwienia im wykształcenia odpowiednich cech morfologicznych, a tym samym adaptację do zasiedlenia nowego środowiska (Belk i in. 2008). Dobrym przykładem jest wymuszona adaptacja wielu gatunków ryb reofilnych przetrzymywanych w wylęgarni do prędkości przepływu wody, który uważany jest za kluczowy czynnik abiotyczny wpływający na kształtowanie odpowiedniego fenotypu, pośrednio ułatwiającego zasiedlenie cieków (Pakkasmaa i Piironen 2001b, Páez i in., 2008). W warunkach naturalnych obecność i presja drapieżników to jeden z najważniejszych czynników biologicznych, które mogą determinować behavior ryb związany ze zdobywaniem pożywienia a w konsekwencji być źródłem ich zmienności morfologicznej ułatwiającej bytowanie w zasiedlonym środowisku (Hegrenes 2001, Eklöv i Jonsson 2007). W przypadku karasia pospolitego (*Carassius carassius*) obserwowane różnice dotyczące wygrzbiecienia ciała w zależności od środowiska ich bytowania były prawdopodobnie wypadkową efektu indukcji obrony przed drapieżnikami oraz dostępnością zasobów pokarmowych w danych warunkach życia tych ryb (Bronmark i Miner 1992, Holopainen i inni 1997). Różnice dotyczące zachowania ryb związanego ze zdobywaniem pokarmu (wybór miejsca i czasu aktywności żerowania) oraz przy podejmowaniu swoistego ryzyka w odniesieniu do potencjalnej presji drapieżników obserwowano także w badaniach porównujących te zachowania między rybami dziko żyjącymi a wyhodowanymi w wylęgarni należącymi do kilku gatunków łososiowatych (Dellefors i Jonhsson 1995; Johnsson i in. 1996, Thodesen i in. 1999, Alvary i Nieriza 2003). Można przypuszczać, iż podobna przyczyna leżała u podstaw zróżnicowania morfometrycznego cech opisujących pokrój ciała troci między badanymi stadami pochodzącymi z obu jezior, ponieważ wartości cech biometrycznych ryb bytujących w jeziorze Hańcza były bardziej zbliżone do tych notowanych u ryb wywodzących się z Gawrych Rudy, niż tych charakteryzujących ryby zasiedlające jezioro Wdzydze. Prawdopodobnie trocie z jeziora Hańcza, wywodzące się ze stada hodowlanego w Gawrych Rudzie, w odróżnieniu od ryb z jeziora Wdzydze, nie miały odpowiednio długiego czasu na adaptację pokroju ciała w kontekście dostosowania swojego behavioru żywieniowego połączonego z potrzebą ograniczania ewentualnej presji drapieżników.

Zmiana środowiska bytowania troci jeziorowej, związana z rozpoczęciem typowych zabiegów hodowlanych w Ośrodku PZW w Gawrych Rudzie, z całą pewnością skutkowała obserwowanymi różnicami w tempie wzrostu ryb, a także w kształtowaniu się ich cech morfometrycznych. Odnoszona zmienność badanych cech wynika prawdopodobnie z trwającego procesu udomowienia troci, zainicjowanego ponad 20 lat temu. Potwierdza to udokumentowany wcześniej wpływ domestykacji na kształtowanie morfologii ciała u ryb łososiowatych (Taylor 1986, Swain i in. 1991, Hard i in. 2000, Pulcini i in. 2013). Fakt, iż naturalnie zasiedlająca kompleks jezior Wdzydzkich troć może być na etapie zmiany swojej formy ekologicznej z typowo jeziorowej, na rzecz typowo rzecznej, czyli pstrąga potokowego (Radtko i Dębowski 2016) utrudnia jednoznaczne stwierdzenie, że wsiedlenie troci jeziorowej pochodzącej z ośrodka hodowlanego do jeziora Hańcza, mogło uruchomić ponowny proces adaptacyjny związany ze zmianami morfometrycznymi charakteryzującymi pokrój ich ciała. Podobny problem opisany został w badaniach dotyczących analizy morfometrycznej osobników wywodzących się z dziesięciu populacji reprezentujących trzy formy ekologiczne ryb z rodzaju *Salmo* (Pakkasmaa i Piironen 2001a). Stwierdzono w nich wyraźne zróżnicowanie morfometryczne, zarówno na poziomie międzypopulacyjnym jak i między formami ekologicznymi tych ryb. Różniły się one przede wszystkim wielkością głowy oraz wysokością i szerokością ciała, przy czym wskazane cechy najwyraźniej różnicowały osobniki należące do formy potamodromicznej i osiadłej jeziorowej. Autorzy sugerowali jednocześnie, że ujawnione różnice mogą mieć podłoże genetyczne, wskazując również na adaptację poszczególnych form do lokalnych warunków środowiskowych oraz zróżnicowany skład ich pokarmu.

Dopełnieniem prowadzonych badań była analiza wybranych indeksów hodowlanych troci pochodzących z trzech badanych stad. Wartości wskaźników kondycji dostarczają bowiem cennych informacji o fenotypie ryb oraz ich dobrostanie. W warunkach naturalnych ich wyższe wartości świadczą zazwyczaj o dobrym stanie stada, wynikającym pośrednio z obfitości pokarmu, niższe natomiast mogą wskazywać na małą podaż ofiar bądź zbyt dużą liczebność stada w stosunku do zasobów bazy pokarmowej (Blackwell i in. 2000). Do oceny kondycji ryb powszechnie stosuje się dwa wskaźniki: współczynnik kondycji Fultona (Ricker 1975) oraz współczynnik względnej masy ciała (Wege i Anderson 1978). Współczynnik kondycji Fultona wyrażający stosunek masy ryby do potęgowej wartości długości ciała, zakłada

izometryczny wzrost co oznacza, że cięższe ryby o określonej długości cechują się lepszą kondycją. Natomiast wskaźnik względnej masy ciała to stosunek między rzeczywistą wagą ryby oraz jej standardową wagą przy tej samej długości. Niezależnie od stosowanego systemu oceny kondycji, wartości współczynników mogą różnić się w zależności od pory roku (Trudel i in. 2005), stanu zdrowia ryb (Neff i Cargnelli 2004), różnic w tempie wzrostu między młodocianymi a dorosłymi osobnikami (He i in. 2008) czy też historii życia bądź zmiany dostępności pokarmu (Pothoven i in. 2001, Rennie i Verdon 2008). Współczynnik kondycji Fultona odzwierciedla też według Rennie i Verdon (2008) warunki fizjologiczne jakie stwarza środowisko. W tym kontekście uzyskane w niniejszej pracy najwyższe średnie, istotne statystycznie wartości tego wskaźnika dla stada troci utrzymywanego w Ośrodku Gawrych Ruda wskazują, że ryby te miały zapewniony stały dostęp do dobrej jakości paszy, a warunki hodowlane stwarzały im możliwość stabilnego, systematycznego wzrostu w przeciwieństwie do ryb bytujących w warunkach naturalnych. Dla porównania badania zrealizowane w obrębie sześciu gospodarstwach w Polsce, stosujących różną technologię chowu pstrąga tęczowego tzn. ekstensywną (otwarty – przepływowy system zasilania wodą) i intensywną (obiekty wykorzystujące zamknięty – recyrkulowany system) wykazały generalnie, że parametry biometryczne oraz wartości współczynnika kondycji ryb okazały się niezależne od typu chowu. Pomimo zróżnicowanego zagęszczenia obsad, natężenia przepływu wody, wielkości końcowego odłowu i przyrostu jednostkowego ryb, także relatywny wskaźnik ich wartości rzeźnej był zbliżony, niezależnie od stosowanej technologii chowu (Szarek i in. 2013). W przypadku opisywanych badań własnych, analiza wskaźników określanych mianem rzeźnych, jak udział procentowy tuszki w całkowitej masie ryby oraz udział procentowy fileta w całkowitej masie ryby wykazała, że ich średnie wartości były nieco wyższe u dwóch stad bytujących w jeziorach Wdzydze i Hańcza, co sugerować może lepszą jakość struktur mięśniowych ryb korzystających z zasobów pokarmu naturalnego. Potwierdzeniem takiego zjawiska mogą być wyniki badań dwóch grup okoni (*Perca fluviatilis*) tzn. hodowlanych i dziko żyjących, gdzie nie stwierdzono międzygrupowych różnic biometrycznych (masy i długości ciała oraz współczynnika kondycji). Natomiast okonie pochodzące z hodowli (system RAS) cechowały się znacznie mniejszymi wartościami wydajności rzeźnej, co tłumaczono większą masą wnętrzności zawierających sporo tłuszczu okołotrzewnego oraz większymi rozmiarami wątroby (Jankowska i in. 2007). W przypadku trzyletnich sandaczy o przeciętnej masie ciała

1,35 kg, podchowiwanych w warunkach kontrolowanych, karmionych dwoma rodzajami paszy komercyjnej różniących się proporcją w składzie białek/tłuszczu/węglowodanów, odnotowano istotny wpływ płci na wydajność rzeźną. Miało to swoje odzwierciedlenie w istotnych statystycznie różnicach ujawnionych w masie wypatroszonych całych ryb, tuskach, filetach ze skórą i bez skóry. Ponadto wydajność rzeźna oskórowanych filetów samców sandaczy z obu eksperymentalnych grup okazała się około 5% wyższa niż u samic. Generalnie ryby żywione paszą o wyższej zawartości białka uzyskały większą długość ciała. Różnice te nie miały jednak istotnego wpływu na wartość współczynnika kondycji (Zakęs i in. 2012).

Wskaźniki kondycji były też wykorzystane w badaniach środowiskowych oceny stanu ekologicznego akwenu oraz analizy wzrostu populacji siei jeziiorowej (*Coregonus clupeaformis*) zasiedlającej Wielkie Jeziora Ameryki Północnej (Pothoven i in. 2001, Lumb i in. 2007). Przyjęto bowiem, iż kondycja odzwierciedla zdolność zarówno pojedynczych osobników, jak i całej populacji do znajdowania i przebywania w niszach zapewniających optymalne warunki bytowania. Uznano, że populacje o dobrej kondycji mają znacznie większe szanse na przeżycie, ponieważ są lepiej przystosowane do radzenia sobie z niekorzystnymi warunkami środowiskowymi oraz powinny dłużej przetrwać okresy niedoborów pokarmu. Ponadto mobilność takich ryb jest większa, co ułatwia im pochwytywanie ofiar czy unikanie drapieżników (Booman i in. 1991) oraz że zazwyczaj produkują one gamety lepszej jakości (DeMartini 1991). W tym kontekście porównawcze badania wydajności rzeźnej, składu i profili kwasów tłuszczowych mięsa dziko żyjącej oraz hodowlanej w systemach recyrkulacyjnych sielawy, *Coregonus albula*, mogą sugerować brak optymalnych warunków naturalnych, dla tego cennego gospodarczo przedstawiciela rodzimej ichtiofauny. Wydajność rzeźna sielawy patroszonej, pochodzącej z grupy hodowlanej, była bowiem ok. 2% wyższa od wartości ustalonej dla ryb złowionych w jeziorze Mamry. Tusze ryb hodowlanych zawierały ponadto 2,5 razy więcej tłuszczu w porównaniu do ryb dzikich (Zakęs i in. 2020).

Podsumowując uzyskane wyniki badań należy stwierdzić, iż troć jeziiorowa charakteryzuje się dużą plastycznością fenotypową, charakterystyczną dla ryb łososiowatych. Zmiana środowiska jej bytowania z naturalnego na hodowlane z pewnością wpłynęła na obserwowane różnice w tempie wzrostu ryb, a także kształtowanie cech morfometrycznych oraz wartość wskaźników hodowlanych. Nie można wykluczyć także iż obserwowane zmiany wynikają z trwającego procesu

udomowienia troci, który rozpoczął się ponad 20 lat temu w wyniku rozpoczęcia stosowania typowych zabiegów hodowlanych w Ośrodku w Gawrych Rudzie. Na bazie przeprowadzonych badań nie można jednoznacznie stwierdzić, czy wsiedlenie troci jeziorowej do zbiornika naturalnego, jakim jest jezioro Hańcza, mogło uruchomić ponowny proces zmian morfometrycznych charakteryzujących pokrój ich ciała. Wiedza dotycząca braku naturalnej rekrutacji wsiedlonej troci w tym jeziorze oraz przede wszystkim mała liczebność analizowanych osobników uniemożliwia weryfikację tak postawionej hipotezy. Należy podkreślić, iż wykonana wielowymiarowa analiza danych morfometrycznych, zwłaszcza w odniesieniu do cech biometrycznych, pozwoliła z dużym prawdopodobieństwem ustalić, które z badanych cech wykazują zróżnicowanie na poziomie umożliwiającym identyfikację troci pochodzących z badanych stad, zwłaszcza w przypadku osobników bytujących w jeziorze Wdzydze i hodowlanych w Ośrodku PZW w Gawrych Rudzie.

6. Wnioski

Analiza wyników przeprowadzonych badań dotyczących tempa wzrostu, charakterystyki morfometrycznej ciała oraz wybranych wskaźników hodowlanych troci jeziorowej pochodzącej z trzech badanych stad pozwoliła na sformułowanie następujących wniosków:

1. W pierwszych trzech latach życia trocie pochodzące z hodowlanego stada w Ośrodku PZW w Gawrych Rudzie charakteryzowały się istotnie szybszym tempem wzrostu niż ryby należące do stad naturalnie bytujących w jeziorach Wdzydze i Hańcza.
2. Spośród analizowanych 14 cech merystycznych największą zmiennością w obrębie badanych stad charakteryzowała się liczba promieni twardych w płetwie grzbietowej (z_1). Do cech merystycznych, wykazujących największe zróżnicowanie między badanymi stadami zaliczono: liczbę promieni twardych w płetwie grzbietowej (z_1), liczbę promieni miękkich w płetwie piersiowej (z_6), liczbę łusek na linii bocznej (z_9) oraz liczbę szeregów łusek od linii bocznej do płetwy grzbietowej (z_{10}). Wymienione cechy różnicują przede wszystkim trocie pochodzące ze stad w Gawrych Rudzie i z jeziora Wdzydze. Przeprowadzona klasyfikacja poszczególnych osobników poprzedzona analizą dyskryminacyjną cech merystycznych umożliwiła poprawne przyporządkowanie ryb do trzech badanych stad z nieco ponad 70% skutecznością, przy czym żadnej troci z jeziora Hańcza nie zaklasyfikowano poprawnie.
3. W oparciu o zastosowaną metodę Pravdina ustalono, że z 19 analizowanych cech biometrycznych największą zmiennością wewnątrz badanych stad troci jeziorowej charakteryzowały się średnica oka (x_3) oraz długość trzonu ogonowego mierzona do nasady płetwy ogonowej (x_{14}). Związek poszczególnych badanych cech ze standardową długością ciała troci miał charakter prostoliniowy, z czego 7 z nich (długość boczna - x_1 ; wysokości mierzone przez żrenicę - x_5 , przy tułowi - x_6 i na końcu pokryw skrzelowych - x_7 ; największa wysokość ciała - x_{16} , wysokość ciała od grzbietu do nasady płetwy A - x_{17} oraz szerokość tułowia - x_{19}) można uznać za cechy ustabilizowane, ponieważ nie wykazywały one istotnej zmienności w odniesieniu do wzrostu długości ciała ryb. Do cech biometrycznych, które

wykazywały największe zróżnicowanie między badanymi stadami zaliczyć należy te związane z pomiarami głowy tj.: jej długość boczna (x_1), przestrzeń zaoczna (x_4), jej wysokości mierzone przez źrenicę (x_5), przy tułowi (x_6) i na końcu pokryw skrzelowych (x_7) a także jej szerokość (x_8) oraz te dotyczące pomiarów pokroju ciała tj.: długość przedgrzbietowa (x_9), długość mierzona od operculum do początku płetwy grzbietowej (x_{10}), długość przedanalna (x_{11}), długość od płetwy piersiowej do brzusznej (x_{15}) oraz największa (x_{16}) i najmniejsza (x_{18}) wysokość ciała. Cechy x_1 , x_4 , x_7 i x_9 różnicują przede wszystkim trocie pochodzące ze stad w Gawrych Rudzie i z jeziora Wdzydze, podczas gdy cechami różniącymi trocie złowione w badanych jeziorach są x_{16} i x_{18} . Kluczową przy odróżnianiu troci pochodzących ze stada w Gawrych Rudzie i tych bytujących w jeziorze Hańcza może być uznana cecha x_{11} . Przeprowadzona klasyfikacja poszczególnych osobników troci, poprzedzona analizą dyskryminacyjną ich cech biometrycznych w zastosowanej metodzie Pravdina umożliwiła poprawne przyporządkowanie ryb do trzech badanych stad z ponad 92% skutecznością. Dla porównania, wielowymiarowa analiza cech biometrycznych użytych w metodzie „truss network”, także zakończona klasyfikacją poszczególnych osobników troci pozwoliła na poprawne przyporządkowanie ryb do trzech badanych stad z 89% skutecznością, przy czym wykorzystując ten schemat pomiarów morfometrycznych uzyskano większą trafność w przypadku klasyfikacji osobników bytujących w jeziorze Hańcza.

4. Spośród pięciu badanych indeksów hodowlanych, wartości czterech z nich tj. współczynnik Fultona - K, indeks wygrzbiecienia - G, indeks masy na jednostkę długości - I oraz udział procentowy tuszki w całkowitej masie ryby – T różniły się istotnie między rybami należącymi do stada hodowlanego w Gawrych Rudzie i trociami bytującymi w jeziorze Wdzydze. Istotne różnice między stadami ryb pochodzących ze stawów w Gawrych Rudzie i z jeziora Hańcza dotyczyły natomiast wartości trzech indeksów hodowlanych: I, T i udziału procentowego fileta w całkowitej masie ryby - F, a w przypadku troci pochodzących z obu jezior dwóch analizowanych wskaźników hodowlanych G i F.

7. Literatura

- Ackerman P. A., Morgan J. D., Iwama G. K. 2005. Anesthetics. W: CCAC (Canadian Council on Animal Care) Guidelines on the care and use of fish in research, teaching and testing.
https://ccac.ca/Documents/Standards/Guidelines/Add_PDFs/Fish_Anesthetics.pdf
- Agrawal A. A. 2001. Phenotypic plasticity in the interactions and evolution of species. *Science* 294: 321–326.
- Alvary D., Nieriza A. G. 2003. Predator avoidance behaviour in wild and hatchery-reared brown trout: The role of experience and domestication. *Journal of Fish Biology* 63: 1565–1577.
- Araki H., Berejikian B. A., Ford M. J., Blouin M. S. 2008. Fitness of hatchery-reared salmonids in the wild. *Evolutionary Applications* 1: 342–355.
- Araki H., Cooper B., Blouin M. S. 2007. Genetic effects of captive breeding cause a rapid, cumulative fitness decline in the wild. *Science* 318: 100–103.
- Araki H., Schmid C. 2010. Is hatchery stocking a help or harm? Evidence, limitations and future directions in ecological and genetic surveys. *Aquaculture* 308 SI Supplement 1: 2–11.
- Backiel T., Bartel R. 1967. O efektach zarybiania smoltami troci na tle wyników ich znakowania. *Roczniki Nauk Rolniczych* 90 H-3: 365–388.
- Bajkiewicz-Grabowska E. 2002. Obieg materii w systemach rzeczno-jeziornych. Wydawnictwo Uniwersytetu Warszawskiego, Wydział Geografii i Studiów Regionalnych, Warszawa.
- Balon E. K. 2004. About the oldest domesticates among fish. *Journal of Fish Biology*. 65: 1–27.
- Barlow G. W. 1961. Causes and significance of morphological variation in fishes. *Systematic Biology* 10: 105–117.
- Bartel R. 1964. Wzrost i odżywianie się troci jeziorowej (*Salmo trutta* m. *lacustris* L.) w jeziorze Smolnik. *Roczniki Nauk Rolniczych* 84 B-2: 256–271.
- Bartel R. 1988. Trouts in Poland. *Polskie Archiwum Hydrobiologii* 35: 3–4.

- Bartel R. 2000. Troć jeziorowa (*Salmo trutta* m. *lacustris* Linneus, 1758). W: Brylińska M. (red.) Ryby słodkowodne Polski. PWN Warszawa.
- Bartel R., Bieniarz K., Sych R., Augustyn L. 1996. Wstępne wyniki introdukcji troci jeziorowej [*Salmo trutta* m. *lacustris* L.] i pstrąga potokowego [*Salmo trutta* m. *fario* L.] do zbiornika zaporowego Klimkówka na rzece Ropie. *Zoologica Poloniae* 41: 105–112.
- Bartel R., Prokuski S. 1992. Troć jeziorowa w zbiorniku zaporowym Besko. *Wiadomości Wędkarskie* 6: 41.
- Beacham T. D. 1990. A genetic analysis of meristic and morphometric variation in chum salmon (*Oncorhynchus keta*) at three different temperatures. *Canadian Journal of Zoology* 68: 225–229.
- Beacham T., Murray C. 1986. The effect of spawning time and incubation temperature on meristic in chum salmon (*Oncorhynchus keta*). *Canadian Journal of Zoology*. 64: 45–48.
- Behnke R. J. 1972. The systematics of salmonid fishes of recently glaciated lakes. *Journal of the Fisheries Research Board of Canada* 29: 639–671.
- Belk M. C., Benson L. J., Rasmussen J., Peck S. L. 2008. Hatchery-induced morphological variation in an endangered fish: a challenge for hatchery-based recovery effects. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 65: 401–408.
- Bernaś R., Poćwierz-Kotus A., Árnýasi M., Kent M. P., Lien S., Wenne R. 2020. Genetic differentiation in hatchery and stocked populations of sea trout in the Southern Baltic: Selection evidence at SNP loci. *Genes* 11(2): 184.
- Bernatchez L. 2001. The evolutionary history of brown trout (*Salmo trutta* L.) inferred from phylogeographic, nested clade and mismatch analyses of mitochondrial DNA variation. *Evolution* 55: 351–379.
- Berejikian B. A., Bush R. A., Campbell L. A. 2014. Maternal control over offspring life history in a partially anadromous species, *Oncorhynchus mykiss*. *Transactions of the American Fisheries Society* 143: 369–379.
- Biegała Z. 2014. Zrównoważony rozwój akwakultury przyszłością sektora przetwórstwa rybnego. *Rocznik Samorządowy* 3: 12–25.

- Bilio M. 2007a. Controlled reproduction and domestication in aquaculture – the current state of the art, Part I. *Aquaculture Europe* 32 (1): 5–14.
- Bilio M. 2007b. Controlled reproduction and domestication in aquaculture – the current state of the art, Part II. *Aquaculture Europe* 32 (3): 5–23.
- Blackwell B. G., Brown M. L., Willis D. W. 2000. Relative weight (Wr) status and current use in fisheries assessment and management. *Reviews in Fisheries Science* 8(1): 1–44.
- Bond M. H., Miller J. A., Quinn T. P. 2015. Beyond dichotomous life histories in partially migrating populations: cessation of anadromy in a long-lived fish. *Ecology* 96: 1899–1910.
- Booman C., Folkvord A., Hunter J. R. 1991. Responsiveness of starved northern anchovy *Engraulis mordax* larvae to predatory attacks by adult anchovy. *Fisheries Bulletin* 89: 707–711.
- Borzyszkowski J. 1994. Monografia Lipusz-Dziemiany. Zrzeszenie Kaszubsko Pomorskie. Gdańsk.
- Brabrand A., Koestler A. G., Borgstrøm R. 2002. Lake spawning of brown trout related to groundwater influx. *Journal of Fish Biology* 60: 751–763.
- Bronmark C., Miner, J. G. 1992. Predator-induced phenotypical change in body morphology in crucian carp. *Science* 258: 1348–1350.
- Brylińska M. 2000. Ryby słodkowodne Polski. Wydawnictwo PWN, Warszawa.
- Campbell C. S., Adams C. E., Bean C. W., Pilakouta N., Parsons K. J. 2021. Evolvability under climate change: Bone development and shape plasticity are heritable and correspond with performance in Arctic charr (*Salvelinus alpinus*). *Evolution & Development* 23: 333–350.
- Chapman B. B., Skov C., Hulthén K., Brodersen J., Nilsson P. A., Hansson L. A., Brönmark C. 2012. Partial migration in fishes: Definitions, methodologies and taxonomic distribution. *Journal of Fish Biology* 81: 479–499.
- Charles K., Roussel J-M., Lebel J-M., Baglinie`re J-L. 2006. Genetic differentiation between anadromous and freshwater resident brown trout (*Salmo trutta* L.): insights obtained from stable isotope analysis. *Ecology of Freshwater Fish* 15: 255–263.

- Cheng Q., Lu D., Ma L. 2005. Morphological differences between close populations discernible by multivariate analysis: A case study of genus *Coilia* (Teleostei: Clupeiformes). *Aquatic Living Resources* 18: 187–192.
- Chybowski Ł., Białokoz W., Krzywosz T. 1994. Troć jeziorowa w wodach Suwalszczyzny. W: A. Wołos (Red.) Aktualne problemy rybactwa jeziorowego. Wydawnictwo IRS Olsztyn: 141–149.
- Chybowski Ł., Stabiński R. 1996. Restytucja troci jeziorowej w wodach województwa suwalskiego. *Przegląd Rybacki* 6: 82–84.
- Ciereszko A. 2014. Kontrowersje związane z wpływem zarybiania na naturalne populacje ryb. W: Z. Zakęś, K. Demska-Zakęś, A. Kowalska (Red.) Wylęgarnictwo organizmów wodnych a bioróżnorodność. Wydawnictwo IRŚ Olsztyn: 27–40.
- Cios S. 2003. Uwagi nad występowaniem pstrągów, troci, łososi i lipieni w wodach Polski w dawnych czasach. *Roczniki Naukowe Polskiego Związku Wędkarskiego* 16: 17–32.
- Clutton-Brock J. 1999. *A Natural History of Domesticated Mammals*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Cramon-Taubadel N., Ling E. N., Cotter D., Wilkins N. P. 2005. Determination of body shape variation in Irish hatchery-reared and wild Atlantic salmon. *Journal of Fish Biology* 66: 1471–1482.
- Crisp D. T., Carling P. A. 1989. Observations on siting, dimensions and structure of salmonid redds. *Journal of Fish Biology* 34: 119–134.
- Currens K. P., Sharpe C. S., Hjort R., Schreck C. B., Li H. W. 1989. Effects of different feeding regimes on the morphometrics of chinook salmon (*Oncorhynchus tshawytscha*) and rainbow trout (*O. mykiss*). *Copeia* 3: 689–695.
- Czubak C. 1966. Wskaźniki hodowlane dla chowu karpia. *Acta Hydrobiologia* 8(3–4): 161–216.
- Dahl K. 1910. The age and growth of salmon and trout in Norway as shown by their scales. *The Salmon and Trout Association* I: 1–144.

- DeMartini E. E. 1991. Annual variations in fecundity, egg size and the gonadal and somatic conditions of queenfish *Seriphus politus* (Sciaenidae). Fisheries Bulletin 89: 9–18.
- Denic M., Geist J. 2009. Habitat suitability analysis for lacustrine brown trout (*Salmo trutta*) in Lake Walchensee, Germany: implications for the conservation of an endangered flagship species. Aquatic Conservation Marine and Freshwater Ecosystems 20(1): 9–17.
- Dębowski P. 2002. Smoltification and maturity of sea trout, *Salmo trutta* m. *trutta* L. in a hatchery. Archives of Polish Fisheries 10: 5–74.
- Dębowski P., Dobosz S., Robak S. 1999b. Estimation of smoltification of hatchery-reared Sea trout (*Salmo trutta* m. *trutta* L.) based on body morphology. Archiwum Rybactwa Polskiego 7/2: 257–266.
- Dębowski P., Dobosz S., Robak S., Usydas Z. 1999a. Fat level in body of juvenile Atlantic Salmon (*Salmo salar* L.), and Sea trout (*Salmo trutta* m. *trutta* L.) and method of estimation from morphometric data. Archiwum Rybactwa Polskiego 7/2: 237–243.
- Dellefors C., Jonhsson J. I. 1995. Foraging under risk of predation in wild and hatchery-reared juvenile sea trout (*Salmo trutta* L.). Nordic Journal of Fresh Water Research 70: 31–37.
- Diamond J. 2002. Evolution, consequences and future of plant and animal domestication. Nature 418: 700–707.
- Dodson J. J., Aubin-Horth N., Thériault V., Páez D. J. 2013. The evolutionary ecology of alternative migratory tactics in salmonid fishes. Biological Reviews 88: 602–625.
- Einum S., Fleming I. A. 1999. Maternal effects of egg size in brown trout (*Salmo trutta*): norms of reaction to environmental quality. Proceedings Royal Society of London B. 266: 2095–2100.
- Eisenhour D. J. 1999. Systematics of *Macrhybopsis teatrenema* (Cypriniformes: Cyprinidae). Copeia 4: 442–455.
- Eklöv P., Jonsson P. 2007. Pike predators induce morphological changes in young perch and roach. Journal of Fish Biology 70: 155–164.

- Elliott J. M. 1994. Quantitative ecology and the brown trout. Oxford University Press. Oxford.
- Elliott J. M. 1995. Fecundity and egg density in the redd for sea trout. *Journal of Fish Biology* 47: 893–901.
- Falk K. O. 1939. Najstarszy rejestr jezior suwalskich. *Svio-Polonica* 1: 29–60.
- Falk K. O. 1979. Z przeszłości oraz teraźniejszości wód wigierskich. W: B. Czeczuga (Red.) *Jezioro Wigry kolebka hydrobiologii polskiej*. Wydawnictwo PWN Warszawa, OBN Białystok, Rozprawy i Monografie 12: 25–91.
- FAO. 2016. The state of world fisheries and aquaculture 2016. Contributing to food security and nutrition for all, Rome, 2016. Retrieved from <https://www.fao.org/3/a-i5555e.pdf>.
- Fergusson A. 2006. Genetics of sea trout, with particular reference to Britain and Ireland. W: G. S. Harris, N. J. Milner (Red.) *Sea trout: biology, conservation & management*. Blackwell Publishing Oxford, England.
- Fergusson A., Reed T. E., Cross T. F., McGinnity P., Prodöhl P. A. 2019. Anadromy, potamodromy and residency in brown trout *Salmo trutta*: the role of genes and the environment. *Journal of Fish Biology* 95: 692–718.
- Ferno A., Jarvi T. 1998. Domestication genetically alters the antipredator behaviour of an anadromous brown trout (*Salmo trutta*) a dummy predator experiment. *Nordic Journal of Freshwater Research* 74: 95–100.
- Fleming I. A., Einum S. 1997. Experimental tests of genetic divergence of farmed from wild Atlantic salmon due to domestication. *ICES Journal of Marine Science* 54(6): 1051–1063.
- Fleming I. A., Jonsson B., Gross M. R. 1994. Phenotypic divergence of sea-ranched, farmed, and wild salmon. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 51: 2808–2824.
- Fordyce J. A. 2006. The evolutionary consequences of ecological interactions mediated through phenotypic plasticity. *The Journal of Experimental Biology* 209: 2377–2383.

- Forster J., Hirst A. G., Atkinson D. 2012. Warming-induced reductions in body size are greater in aquatic than terrestrial species. *The Proceedings of the National Academy of Sciences* 109(47): 19310–19314.
- Fulton T. W. 1904. The rate of growth of fishes. *Fisheries Board of Scotland Annual Report* 22: 141–241.
- Garant D., Dodson J. J., Bernatchez L. 2003. Differential reproductive success and heritability of alternative reproductive tactics in wild Atlantic Salmon (*Salmo Salar* L.). *Evolution* 57(5): 1133–1141.
- Gjedrem T., Baranski M. 2009. Selective breeding in aquaculture: an introduction. Springer Dordrecht.
- Greenberg L., Jonsson B., Norrgård J. R., Erlandsson A., Bergman E. 2021. Body shape and fin size in juvenile Atlantic salmon (*Salmo salar*): Effects of temperature during embryogenesis. *Canadian Journal of Zoology* 99: 381–389.
- Grudniewski C. 1961. Zakładanie się łusek troci (*Salmo trutta* m. *lacustris*) z jez. Wdzydze. *Roczniki Nauk Rolniczych* t. 93-D.
- Guo H., Zhang X., Näslund J., Peng L., Liu C., Tian M., Chai X., Zhang D. Zhang X. 2022. Differences in external morphology, body composition and swimming performance between hatchery- and wild-origin marbled rockfish (*Sebastes marmoratus*). *Frontiers in Marine Science* 9: 912129.
- Harache Y. 2002. Development and diversification issues in aquaculture. A historical and dynamic view of fish culture diversification. *Cahiers Options Méditerranéennes*. 59: 15–23.
- Harada Y., Yokota M., Lizuka M. 1998. Genetic risk of domestication in artificial fish stocking and its possible reduction. *The Society of Population Ecology* 40 (3): 311–324.
- Hard J. J., Berejikian B. A., Tezak E. P., Schroder S. L., Knudsen C. M., Parkerd L. T. 2000. Evidence for morphometric differentiation of wild and captively reared adult coho salmon: a geometric analysis. *Environmental Biology of Fishes* 58: 61–73.
- Hari R. E., Livingstone D. M., Siber R. 2006. Consequences of climatic change for water temperature and brown trout populations in Alpine rivers and streams. *Global Change Biology* 12(1): 10–26.

- He J. X., Bence J. R., Johnson J. E., Clapp D. F., Ebener M. P. 2008. Modeling variation in mass-length relations and condition indices of lake trout and Chinook salmon in Lake Huron: a hierarchical Bayesian approach. *Transactions of the American Fisheries Society* 137(3): 801–817.
- Hegrenes S. 2001. Diet-induced phenotypic plasticity of feeding morphology in the orange spotted sunfish, *Lepomis humilis*. *Ecology of Freshwater Fish* 10: 35–42.
- Holopainen I. J., Aho J., Vornanen M., Huuskonen H. 1997. Phenotypic plasticity and predator effects on morphology and physiology of crucian carp in nature and in the laboratory. *Journal of Fish Biology* 50: 781–798.
- Huntingford F., Adams C. 2005. Behavioural syndromes in farmed fish: implications for production and welfare. *Behaviour* 142: 1207–1221.
- Hus M., Krzywosz T. 1993. Udany powrót troci jeziorowej do wód Suwalszczyzny. *Komunikaty Rybackie* 2: 3–6.
- Hutchings J. A. 2011. Old wine in new bottles: reaction norms in salmonid fishes. *Heredity* 106: 421–437.
- Imre I., McLaughlin R. L., Noakes D. L. G. 2002. Phenotypic plasticity in brook charr: changes in caudal fin induced by water flow. *Journal of Fish Biology* 61: 1171–1181.
- Jackson J. B., Kirby M. X., Berger W. H., Bjorndal K. A., Botsford L. W., Bourque B. J., Bradbury R. H., Cooke R., Erlandson J., Estes J. A., Hughes T. P., Kidwell S., Lange C. B., Lenihan H. S., Pandolfi J. M., Peterson C. H., Steneck R. S., Tegner M. J., Warner R. R. 2001. Historical overfishing and the recent collapse of coastal ecosystems. *Science* 293: 629–637.
- Jakubowski H., Penczak T. 1976. Introdukcja troci jeziorowej w dorzeczu Pilicy. *Gospodarka Rybacka* 28(11): 14–15.
- Jankowska B., Zakęs Z., Żmijewski T., Szczepkowski M., Kowalska A. 2007. Slaughter yield, proximate composition, and flesh colour of cultivated and wild perch (*Perca fluviatilis* L.). *Czech Journal of Animal Science* 52(8): 260–267.
- Johnsson N., Petersson E., Jonsson B., Bjornsson B., Jarvi T. 1996. Domestication and growth hormone alter antipredator behavior and growth patterns in juvenile brown trout *Salmo trutta*. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 53: 1546–1554.

- Jonsson B. 1985. Life History Patterns of Freshwater Resident and Sea-Run Migrant Brown Trout in Norway. *Transactions of the American Fisheries Society* 114(2): 182–194.
- Jonsson B., Jonsson N. 1993. Partial migration: niche shift versus sexual maturation in fishes. *Reviews in Fish Biology and Fisheries* 3: 348–365.
- Jonsson N., Jonsson B. 1999. Trade-off between egg size and numbers in brown trout. *Journal of Fish Biology* 55: 767–783.
- Jonsson B., Jonsson N. 2009. A review of the likely effects of climate change on anadromous Atlantic salmon *Salmo salar* and brown trout *Salmo trutta*, with particular reference to water temperature and flow. *Journal of Fish Biology* 75(10): 2381–2447.
- Jonsson B., Jonsson N. 2018. Egg incubation temperature affects the timing of the Atlantic salmon *Salmo salar* homing migration. *Journal of Fish Biology* 93: 1016–1020.
- Kaj J. 1961. Zagadnienie stanowiska systematycznego i autochtonizmu troci z jeziora Wdzydze. *Roczniki Nauk Rolniczych* 93-D: 465–499.
- Keeley E. R., Parkinson E. A., Taylor E. B. 2007. The origins of ecotypic variation of rainbow trout: a test of environmental vs. genetically based differences in morphology. *Journal of Evolutionary Biology*. 20: 725–736.
- Kinnison M. T., Hendry A. P. 2004. Tempo and mode in salmon evolution. W: A. P. Hendry, S. C. Stearns (red.) *Evolution illuminated: salmon and their relatives*. Oxford University Press: 208–231.
- Klemetsen A. 2013. The most variable vertebrate on earth. *Journal of Ichthyology* 53: 781–791.
- Klemetsen A., Amundsen P. A., Dempson J. B., Jonsson B., Jonsson N., O’Connell M. F., Mortensen E. 2003. Atlantic salmon *Salmo salar* L., brown trout *Salmo trutta* L. and Arctic charr *Salvelinus alpinus* (L.): A review of aspects of their life histories. *Ecology of Freshwater Fish* 12: 1–59.
- Klingenberg C. P., Barluenga M., Meyer A. 2003. Body shape variation in cichlid fishes of the *Amphilophus citrinellus* species complex. *Biological Journal of the Linnean Society* 80(3): 397–408.

- Knutsen J. A., Knutsen H., Gjøsæter J., Jonsson B. 2001. Food of anadromous brown trout at sea. *Journal of Fish Biology* 59: 533–543.
- Kondracki J. 1999. *Geografia Regionalna Polski*. Wydawnictwo PWN Warszawa.
- Kottelat M., Freyhof J. 2007. *Handbook of European Freshwater Fishes*. Publications Kottelat, Cornol, Switzerland.
- Kozłowski J., Chybowski Ł., Poczyczyński P. 2008. Ichtiofauna jeziora Hańcza. W: J. Kozłowski, P. Poczyczyński, B. Zdanowski (Red.) *Środowisko i ichtiofauna jeziora Hańcza*. Wydawnictwo IRS Olsztyn 121–124.
- Krejszeff S., Targonska K., Żarski D., Kucharczyk D. 2009. Domestication affects spawning of the ide (*Leuciscus idus*)-preliminary study. *Aquaculture* 295: 145–147.
- Krejszeff S., Targonska K., Żarski D., Kucharczyk D. 2010. Artificial reproduction of two different spawn-forms of the chub. *Reproductive Biology* 10: 67–74.
- Lelek A. 1987. *The Freshwater Fishes of Europe*. AULA Verlag, Wiesbaden.
- Letcher B. H., Gries G. 2003. Effects of life history variation on size and growth in streamdwelling Atlantic salmon. *Journal of Fish Biology* 62(1): 97–114.
- Liasko R., Anastasiadou C., A Ntakakis A. 2012. Morphological differentiation among native trout populations in North-Western Greece. *Journal of Biological Research* 17: 33–43.
- Lindsey C. C. 1988. Factors controlling meristic variation. W: W. S. Hoar, D. J. Randall (Red.) *Fish Physiology*, Vol. 11B. Academic Press, New York.
- Louhi P., Maki-Petays A., Erkinaro J. 2008. Spawning habitat of Atlantic salmon and brown trout: general criteria and intragravel factors. *River Research and Applications* 24: 330–339.
- Lumb C. E., Johnson T. B., Cook H. A., Hoyle J. A. 2007. Comparison of lake whitefish (*Coregonus clupeaformis*) growth, condition, and energy density between Lakes Erie and Ontario. *Journal of Great Lakes Research* 33: 314–325.
- Matsuzaki S. S., Mabuchi K., Takamura N., Nishida M., Washitani I. 2009. Behavioural and morphological differences between feral and domesticated strains of common carp *Cyprinus carpio*. *Journal of Fish Biology* 75: 1206–1220.

- Mayr E. 1974. Podstawy Systematyki Zwierząt. Państwowe Wydawnictwo Naukowe. Warszawa.
- McGinnity P., Prodohl P., Ferguson A., Hynes R., Maoileidigh N. O., Baker N., Cotter D., O'Hea B., Cooke D., Rogan G., Taggart J., Cross T. 2003. Fitness reduction and potential extinction of wild populations of Atlantic salmon, *Salmo salar*, as a result of interactions with escaped farm salmon. *Proceedings of the Royal Biology Society B*. 270: 2443–2450.
- McKeown N. J., Hynes R. A., Duguid R. A., Ferguson A., Prodöhl P. A. 2010. Phylogeographic structure of brown trout *Salmo trutta* in Britain and Ireland: Glacial refugia, postglacial colonization and origins of sympatric populations. *Journal of Fish Biology* 76: 319–347.
- McLean J. E., Bentzen P., Quinn T. P. 2003. Differential reproductive success of sympatric, naturally spawning hatchery and wild steelhead trout (*Oncorhynchus mykiss*) through the adult stage. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 60: 433–440.
- McPhail J. D. 1993. Ecology and evolution of sympatric sticklebacks (*Gasterosteus*): origin of the species pairs. *Canadian Journal of Zoology*. 71: 515–523.
- Metcalf N. B., Valdimarsson S. K., Morgan I. J. 2003. The relative roles of domestication, rearing, environment, prior residence and body size in deciding territorial contest between hatchery and wild juvenile salmon. *Journal of Applied Ecology* 40: 535–544.
- Mignon-Grasteau S., Bossy A., Bouix J., Faure J-M., Fisher A. D., Hinch G. N., Jensen P., Le Neindre P., Mormede P., Brunet P., Vandeputte M., Beaumont C. 2005. Genetics of adaptation and domestication in livestock. *Livestock Production Science*. 93: 3–14.
- Milla S., Pasquet A., El Mohajer L., Fontaine P. 2020. How domestication alters fish phenotypes. *Reviews in Aquaculture* 13(1): 388–405.
- Nash C. E. 2011. *The History of Aquaculture*. Wiley-Blackwell, Chichester.
- Neff B. D., Cargnelli L. M. 2004. Relationships between condition factors, parasite load and paternity in bluegill sunfish, *Lepomis macrochirus*. *Environmental Biology of Fishes* 71: 297–304.

- Nicieza A. G. 1995. Morphological variation between geographically disjunct populations of Atlantic salmon: the effects of ontogeny and habitat shift. *Functional Ecology* 9(3): 448–456.
- Null R. E., Niemela K. S., Hamelberg S. F. 2013. Post-spawn migrations of hatchery-origin *Oncorhynchus mykiss* kelts in the Central Valley of California. *Environmental Biology of Fishes* 96: 341–353.
- Nümann W. 1953. Artanalyse und Wachstumsuntersuchungen an *Salmo lacustris* und *Salmo carpio*. *Zeitschrift für Fischerei* 2: 271–316.
- Olsson J., Eklöv P. P. 2005. Habitat structure, prey type and morphological reversibility: factors influencing phenotypic plasticity in perch. *Evolutionary Ecology and Research* 7: 1–15.
- Paar A.E. 1956. On the original varieties of taxonomy and their regression upon size in fishes. *Bulletin Of The American Museum Of Natural History* 110: 373–397.
- Páez D. J., Hedger R., Bernatcher L., Dodson J. J. 2008. The morphological plastic response to water current velocity varies with age and sexual state in juvenile Atlantic salmon, *Salmo salar*. *Freshwater Biology* 53: 1544–1554.
- Pakkasmaa S., Piironen J. 2001a. Morphological differentiation among local trout (*Salmo trutta*) populations. *Biological Journal of the Linnean Society* 72: 231–239.
- Pakkasmaa S., Piironen, J. 2001b. Water velocity shapes juvenile salmonids. *Evolutionary Ecology* 14: 721–730.
- Pałka W., Bieniarz K. 1983. Wędrowniki, wzrost i eksploatacja troci dunajeckiej (*Salmo trutta* L.) na tle wyników znakowania. *Roczniki Nauk Rolniczych Ser. H* 100: 71–94.
- Pasquet A. 2019. Effects of domestication on fish behaviour. W: F. Teletchea (Red.) *Animal Domestication*. Intech Open Limited. Londyn.
- Pertersson E., Järvi T., Steffner N. G., Ragnarsson B. 1996. The effect of domestication on some life history traits of sea trout and Atlantic salmon. *Journal of Fish Biology* 48: 776–791.
- Pigliucci M., Schlichting C. 1995. Phenotypic evolution: A reaction norm perspective. *Evolutionary Ecology* 9: 154–168.

- Pothoven S. A., Nalepa T. F., Schneeberger P. J., Brandt S. B. 2001. Changes in diet and body condition of lake whitefish in southern Lake Michigan associated with changes in benthos. *North American Journal of Fisheries Management* 21: 876–883.
- Pravdin I. 1966. A guide to fish study. Moscow: Food Industry (in Russian).
- Price T. 2006. Phenotypic plasticity, sexual selection and the evolution of color patterns. *Journal of Experimental Biology* 209: 2368–2376.
- Price T. D., Qvarnström A., Irwin D. E. 2003. The role of phenotypic plasticity in driving genetic evolution. *Proceedings of the Royal Society B* 270: 1433–1440.
- Pulcini D., Wheeler P. A., Cataudella S., Russo T., Thorgaard G. H. 2013. Domestication Shapes Morphology in Rainbow Trout *Oncorhynchus mykiss*. *Journal of Fish Biology* 82: 390–407.
- Quinn T. P. 2018. The behavior and ecology of pacific salmon and trout. University of Washington Press, Seattle.
- Radtke G. 1992. Możliwości wychowu oraz spływu jednorocznych smoltów troci jeziorowej w górnej części zlewni Trzebiochy. *Komunikaty Rybackie* 6: 9–11.
- Radtke G. 1994. Renaturyzacja rzeki Trzebiochy, jako jeden z elementów ochrony troci z jeziora Wdzydze. *Komunikaty Rybackie* 1: 22–23.
- Radtke G. 2005. Troć jeziorowa (*Salmo trutta* m. *lacustris* L.) w jeziorze Wdzydze na tle zmian środowiska. Praca doktorska, IRS Olsztyn.
- Radtke G. 2008. Some characteristics of lake trout *Salmo trutta* m. *lacustris* L. redds in the upper Wda River system (north Poland). *Archives of Polish Fisheries* 16: 119–134.
- Radtke G. 2009. Możliwości i metody aktywnej ochrony troci jeziorowej (*Salmo trutta* m. *lacustris*) w zlewni jeziora Wdzydze. W: Z. Zakęś, K. Demska-Zakęś, A. Kowalska, D. Ulikowski (Red.) *Rozród, podchów, profilaktyka ryb łososiowatych i innych gatunków*. Wydawnictwo IRŚ Olsztyn: 225–242.
- Radtke G., Bartel R. 2011. Występowanie troci *Salmo trutta* L. w jeziorach północnej Polski w ujęciu historycznym i środowiskowym. W: M. Jankun, G. Furgała-Selezniow, M. Woźniak, A. M. Wiśniewska (Red.) *Ocena i ochrona bioróżnorodności wód*. Wydawnictwo AW Argi, Wrocław: 73–90.

- Radtke G., Dębowski P. 1996. Troć z jeziora Wdzydze, *Salmo trutta* m. *lacustris* L., w latach 1951–1995. *Zoologica Poloniae* 41/Suplement: 99–104.
- Radtke G., Dębowski P. 2016. Gniazda tarłowe troci z jeziora Wdzydze jako wskaźnik stanu jej populacji. *Roczniki Naukowe Polskiego Związku Wędkarskiego* 29: 5–21.
- Radtke G., Grochowski A., Woźniewski M. 2003. Ichtiofauna Dorzecza Wdy. *Roczniki Naukowe Polskiego Związku Wędkarskiego* 16: 33–64.
- Reist J. D., Johnson T., Carmichel J. 1991. Morphological variation in char from North-Western Canada – *Salvelinus alpinus* and *S. malma*. W: Hammar, J. (Red) *Proceedings of the Sixth workshop on Arctic char*. International Society of Arctic char Fanatics 5: 135–145.
- Rennie M. D., Verdon R. 2008. Development and evaluation of condition indices for the lake whitefish. *North American Journal of Fisheries Management* 28(4): 1270–1293.
- Ricker W. E. 1975. Computation and interpretation of biological statistics of fish populations. *Bulletin - Fisheries Research Board of Canada* 191: 1–382.
- Robinson B. W., Parsons K. J. 2002. Changing times, spaces, and faces: tests and implications of adaptive morphological plasticity in the fishes of northern postglacial lakes. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 59(11): 1819–1833.
- Rosenfield J. A. 1998. Detection of natural hybridization between pink salmon (*Oncorhynchus gorbuscha*) and chinook salmon (*Oncorhynchus tshawytscha*) in the Laurentian Great Lakes using meristic, morphological, and color evidence. *Copeia* 3: 706–714.
- Sadowski J., Kempter J. 2011. Gospodarka zarybieniowa a bioróżnorodność: pokojowe współistnienie czy nieustający konflikt? W: M. Jankun, G. Furgała-Selezniow, M. Woźniak, A. M. Wiśniewska (Red.) *Gospodarowanie ichtiofauną w warunkach zróżnicowanego środowiska wodnego*. Wydawnictwo AW Argi, Wrocław: 59–70.
- Sakowicz S. 1961. Monografia biologiczno-gospodarcza troci jeziora Wdzydze. *Roczniki Nauk Rolniczych D* 93: 9–16.
- Sass G. G., Gille C. M., Hinke J. T., Kitchell J. F. 2006. Whole-lake influences of littoral structural complexity and prey body morphology on fish predator–prey interactions. *Ecology of Freshwater Fish*. 15(3): 301–308.

- Scheiner S. M. 1993. Genetics and evolution of phenotypic plasticity. *Annual Review of Ecology and Systematics*. 24: 35–68.
- Seligo A. 1902. Die Fischgewässer der Provinz Westpreussen. Commissionsverlag von Saunier's Buch und Kunsthandlung, Danzig.
- Sikorski Z. E. 2004. Ryby i bezkręgowce morskie – pozyskiwanie, właściwości i przetwarzanie. Wydawnictwo WNT, Warszawa.
- Skaala Ø., Nævdal G. 1989. Genetic differentiation between freshwater resident and anadromous brown trout, *Salmo trutta* L., within watercourses. *Journal of Fish Biology* 34: 597–605.
- Skrochowska S. 1953. Tymczasowe wyniki badań nad wędrówkami troci (*Salmo trutta* L.) i innych łososiowatych wyhodowanych w stawach. *Polskie Archiwum Hydrobiologii I (XIV)*: 89–135.
- Skrochowska S. 1969. Migrations of the sea-trout (*Salmo trutta* L.), brown trout (*Salmo trutta* m. *fario* L.) and their crosses. Part 1. Problem, methods and results of tagging. *Polish Archives of Hydrobiology* 16: 125–140.
- Skúlason S., Noakes D. L. G., Snorrason S. S. 1989. Ontogeny of trophic morphology in four sympatric morphs of Arctic charr *Salvelinus alpinus* in Thingvallavatn, Iceland. *Biological Journal of the Linnean Society* 38: 281–301.
- Snorrason S. S., Skúlason S., Jonsson B., Malmquist H. J., Jonasson P. M., Sandlund O. T., Lindem T. 1994. Trophic specialization in Arctic charr *Salvelinus alpinus* (Pisces; Salmonidae): morphological divergence and ontogenetic niche shift. *Biological Journal of the Linnean Society* 52: 1–18.
- Solem Ø., Berg O. K., Kjosnes A. J. 2006. Inter- and intra-population morphological differences between wild and farmed Atlantic salmon juveniles. *Journal of Fish Biology* 69: 1466–1481.
- Stabiński R., Chybowski Ł. 2009. Troć jeziiorowa (*Salmo trutta* m. *lacustris*) spostrzeżenia z prac hodowlanych w Ośrodku Zarybieniowym PZW w Gawrych Rudzie. W: Z. Zakęś, K. Demska-Zakęś, A. Kowalska, D. Ulikowski (Red.) *Rozród, Podchów, Profilaktyka Ryb Łososiowatych i innych gatunków*. Wydawnictwo IRS, Olsztyn: 217–224.

- Starmach K. 1955. Wpływ czynników zewnętrznych na kształt ciała karpi. *Roczniki Nauk Rolniczych* 69 (B): 531–590.
- Stearns S. C. 1989. The evolutionary significance of phenotypic plasticity. *American Institute of Biological Sciences* 39: 436–445.
- Strauss R., Bookstein L. 1982. The truss: body form reconstruction in morphometrics. *Systematic Zoology* 31: 113–135.
- Stringwell R., Lock A., Stutchbury J., Baggett E., Taylor J., Gough P. J., Garcia de Leaniz C. 2014. Maladaptation and phenotypic mismatch in hatchery-reared Atlantic salmon *Salmo salar* released in the wild. *Journal of Fish Biology* 85: 1927–1945.
- Svanbäck R., Eklöv P. 2002. Effects of habitat and food resources on morphology and ontogenetic growth trajectories in perch. *Oecologia* 131: 61–70.
- Swain D. P., Lindsey C. C. 1986. Meristic variation in a clone of the cyprinodont fish *Rivulus marmuratus* related to temperature history of the parents and of the embryos. *Canadian Journal of Zoology* 64: 1444–1455.
- Swain D. P., Riddell B. E., Murray C. B. 1991. Morphological differences between hatchery and wild populations of coho salmon (*Oncorhynchus kisutch*): environmental versus genetic origin. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 48: 1783–1791.
- Sych R. 1998. Program restytucji ryb wędrownych w Polsce – od genezy do początków realizacji. W: M. Kraska (Red.) *Bioróżnorodność w środowisku wodnym. XVII Zjazd Hydrobiologów Polskich, Idee Ekologiczne*. Wydawnictwo Sorus Poznań tom 13 seria szkica Nr 7: 71–86.
- Szarek J., Skibniewska K., Zakrzewski J., Guziur J. 2012. Narzędzia oceny stosowanych w Polsce technologii chowu pstrąga tęczowego (*Oncorhynchus mykiss*, Walbaum 1792) w świetle badań własnych. Wydawnictwo UWM, Olsztyn.
- Szarek J., Skibniewska K. A., Zakrzewski J., Guziur J. 2013. Jakość pstrąga tęczowego (*Oncorhynchus mykiss*, Walbaum 1792) z technologii stosowanych w Polsce. Pracownia Wydawnicza „ElSet”, Olsztyn.
- Szlachciak J. 2000. Ocena przydatności wybranych metod statystycznych w określeniu zmienności populacji leszcza *Abramis brama* (L.). Praca doktorska UWM Olsztyn.

- Taylor E. B. 1986. Differences in morphology between wild and hatchery populations of juvenile coho salmon. *Progressive Fish-Culturist* 48: 171–176.
- Teletchea F. 2019. *Animal Domestication: A Brief Overview*. W: F. Teletchea (Red.) *Animal Domestication*. Wydawnictwo Intech Open Limited, Londyn.
- Teletchea F., Fontaine P. 2014. Levels of domestication in fish: implications for the sustainable future of aquaculture. *Fish and Fisheries* 15: 181–195.
- Thodesen J., Grisdale-Helland B., Helland S. J., Gjerde B. 1999. Feed intake, growth and feed utilization of offspring from wild and selected Atlantic salmon (*Salmo Salar*). *Aquaculture* 180: 237–240.
- Thorpe J. E. 2004. Life history responses of fishes to culture. *Journal of Fish Biology* 65: 263–285.
- Trudel M., Tucker S., Morris J. F. T., Higgs D. A., Welch D. W. 2005. Indicators of energetic status in juvenile coho salmon and Chinook salmon. *North American Journal of Fisheries Management* 25: 374–390.
- Vandeputte M., Prunet P. 2002. Génétique et adaptation chez les poissons: domestication, résistance au stress et adaptation ux conditions de milieu. *INRA Productions Animales* 15 (5): 365–371.
- Vehanen T., Huusko A. 2011. Brown trout *Salmo trutta* express different morphometrics due to divergence in the rearing environment. *Journal of Fish Biology* 79: 1167–1181.
- Vøllestad L. F., Serbezov D., Bass A., Bernatchez L., Olsen E. M., Taugbøl A. 2012. Small-scale dispersal and population structure in stream-living brown trout (*Salmo trutta*) inferred by mark–recapture, pedigree reconstruction and population genetics. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 69: 1513–1524.
- Wajdowicz Z. 1972. Uwagi o wsiedleniu troci jeziorowej (*Salmo trutta* m. *lacustris* L.) do zbiornika zaporowego w Przeczycach. *Acta Hydrobiologica* 14: 205–212.
- Wajdowicz Z. 1976. Charakterystyka biologiczna troci jeziorowej (*Salmo trutta* m. *lacustris* L.) z Wdzydz wsiedlanej do zbiorników zaporowych. *Acta Hydrobiologica* 18: 101–125.

- Wege G. W., Anderson R. O. 1978. Relative weight (W_r): a new index of condition for largemouth bass. W: G. D Novinger, J. G Dillard (Red.) New approaches to the management of small impoundments. Bethesda, North Central Division, American Fisheries Society, Special Publication No. 5: 79–91.
- Wenger S. J., Isaak D. J., Luce Ch. H., Neville H. M., Fausch K. D., Dunham J. B., Dauwalter D. C., Young M. K., Elsner M. M., Rieman B. E., Hamlet A. F., Williams J. E. 2011. Flow regime, temperature, and biotic interactions drive differential declines of trout species under climate change. *The Proceedings of the National Academy of Sciences* 108(34): 14175–14180.
- Wimberger P. H. 1992. Plasticity of fish body shape. The effects of diet, development, family and age in two species of *Geophagus* (Pisces: *Cichlidae*). *Biological Journal of the Linnean Society* 45: 197–218.
- Winans G. A. 1984. Multivariate morphometric variability In Pacific salmon: technical demonstration. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 41: 1150–1159.
- Winans G.A. 1985. Geographic variation in milkfish *Chanos chanos*. Multivariate morphological evidence. *Copeia* 4: 890–898.
- Wintzer A. P., Motta P. J. 2005. Diet-induced phenotypic plasticity in the skull morphology of hatchery-reared Florida largemouth bass, *Micropterus salmoides floridanus*. *Ecology of Freshwater Fish* 14: 311–318.
- Witzel L. D., MacCrimmon H. R. 1983. Redd-site selection by brook trout and brown trout in southwestern Ontario streams. *Transactions of the American Fisheries Society* 112: 760–771.
- Wojewódzki Inspektorat Ochrony Środowiska 2002. Raport o stanie środowiska województwa pomorskiego według badań monitoringowych przeprowadzonych w 2001 roku. Biblioteka Monitoringu Środowiska. Gdańsk.
- Wojno T. 1961. Wzrost troci jeziorowej z Jeziora Wdzydze. *Roczniki Nauk Rolniczych*. 93 D: 649–680.
- Wziątek B., Chybowski Ł., Poczyczyński P., Wiśniewska A. 2008. Ryby drapieżne: obligatoryjne i fakultatywne. W: J. Kozłowski, P. Poczyczyński, B. Zdanowski (Red.) Środowisko i ichtiofauna jeziora Hańcza. Wydawnictwo IRS Olsztyn: 147–166.

- Vladykov V. D. 1934. Environmental and taxonomic characters of fishes. Biological Board of Canada. Royal Canadian Institute 43: 99–140
- Yakubu A., Okunsebor S. A., 2011. Morphometric differentiation of two Nigerian fish species (*Oreochromis niloticus* and *Lates niloticus*) using principal components and discriminant analysis. International Journal of Morphology 29(4): 1429–1434.
- Yaripour S., Kekäläinen J., Hyvärinen P., Kaunisto S., Piironen J., Vainikka A., Koljonen M.-L., Koskiniemi J., Kortet R. 2020. Does enriched rearing during early life affect sperm quality or skin colouration in the adult brown trout? Aquaculture 529: 735648.
- Zakęś Z., Pietrzak-Fiećko R., Szczepkowski M., Modzelewska-Kapituła M. 2020. Slaughter yield and dietary value of wild and cultured vendace (*Coregonus albula*). Fisheries & Aquatic Life 28: 91–98.
- Zakęś Z., Szczepkowski M., Jankowska B., Kowalska A., Demska-Zakęś K. 2012. Slaughter yield and growth performance indexes of pikeperch (*Sander lucioperca* (L.)) selects reared in recirculating aquaculture systems at suboptimal temperatures. Archives of Polish Fisheries 20: 281–288.
- Zdanowski B., Stawecki K., Pyka J. P. 2008. Środowisko abiotyczne jeziora Hańcza. W: J. Kozłowski, P. Poczyczyński, B. Zdanowski (Red.) Środowisko i ichtiofauna jeziora Hańcza. Wydawnictwo IRS Olsztyn: 59–74.
- Zimmer M. P., Power M. 2006. Brown trout spawning habitat selection preferences and redd characteristics in the Credit River, Ontario. Journal of Fish Biology 68: 1333–1346.
- Zimmerman C. E., Reeves G. H. 2000. Population structure of sympatric anadromous and nonanadromous *Oncorhynchus mykiss*: evidence from spawning surveys and otolith microchemistry. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 57: 2152–2162.
- Żarski D., Czarkowski T. 2011. Akwakultura zrównowazona a domestykacja. Drukarnia Braci Grodzkich Sp. J., Olsztyn.

8. Tabele

Tabela 1. Charakterystyka i pochodzenie troci jeziorowej stanowiącej materiał do badań.	78
Tabela 2. Symbole, skróty i nazwy cech merystycznych uwzględnionych w badaniach morfometrycznych troci jeziorowej.	78
Tabela 3. Symbole, skróty i nazwy cech biometrycznych uwzględnionych w badaniach morfometrycznych troci jeziorowej (metoda Pravdina).	79
Tabela 4. Opis punktów znacznikowych przyjętych do badań morfometrycznych troci jeziorowej metodą „truss network”.	80
Tabela 5. Symbole i nazwy cech biometrycznych oraz określające je pomiary między punktami znacznikowymi przyjętymi do badań morfometrycznych troci jeziorowej metodą „truss network”.	81
Tabela 6. Wzrost troci jeziorowej określony metodą odczytów wstecznych w kolejnych latach życia.	82
Tabela 7. Cechy merystyczne dla badanych stad troci jeziorowej.	83
Tabela 8. Wartości mocy dyskryminacyjnej dla pięciu cech merystycznych najlepiej odróżniających badane stada troci jeziorowej.	84
Tabela 9. Funkcje dyskryminacyjne uzyskane dla cech merystycznych badanych stad troci jeziorowej.	84
Tabela 10. Współczynniki funkcji dyskryminacyjnych dla cech merystycznych badanych stad troci jeziorowej.	84
Tabela 11. Współczynniki struktury czynnikowej reprezentujące korelacje między cechami merystycznymi a funkcjami dyskryminacyjnymi obliczonymi dla badanych stad troci jeziorowej.	85
Tabela 12. Średnie wartości funkcji dyskryminacyjnych dla cech merystycznych badanych stad troci jeziorowej.	85
Tabela 13. Klasyfikacja poszczególnych osobników do badanych stad troci jeziorowej na podstawie wykonanej analizy dyskryminacyjnej dla cech merystycznych.	85
Tabela 14. Względne wartości cech biometrycznych (metoda Pravdina) troci jeziorowej pochodzącej z badanych stad.	86
Tabela 15. Parametry liniowych równań regresji ($y = b_0 \pm b_1 x$) charakteryzujących związek poszczególnych cech biometrycznych (metoda Pravdina) troci jeziorowej w badanych stadach ze standardową długością ciała.	88
Tabela 16. Względne wartości cech biometrycznych (metoda Pravdina) troci jeziorowej pochodzącej z badanych stad, obliczone dla wybranych długości ciała.	90

Tabela 17. Wyniki weryfikacji testem t współczynników (b_1) (hipoteza H_0) i współczynników (b_0) (hipoteza H_0') regresji liniowej związków cech biometrycznych (metoda Pravdina) troci jeziiorowej pochodzącej z badanych stad.	92
Tabela 18. Wartości mocy dyskryminacyjnej dla dziewięciu cech biometrycznych (metoda Pravdina) najlepiej odróżniających badane stada troci jeziiorowej.	94
Tabela 19. Funkcje dyskryminacyjne uzyskane dla cech biometrycznych (metoda Pravdina) badanych stad troci jeziiorowej.	94
Tabela 20. Współczynniki funkcji dyskryminacyjnych dla cech biometrycznych (metoda Pravdina) badanych stad troci jeziiorowej.	95
Tabela 21. Współczynniki struktury czynnikowej reprezentujące korelacje między cechami biometrycznymi (metoda Pravdina) a funkcjami dyskryminacyjnymi obliczonymi dla badanych stad troci jeziiorowej.	95
Tabela 22. Średnie wartości funkcji dyskryminacyjnych dla cech biometrycznych (metoda Pravdina) badanych stad troci jeziiorowej.	96
Tabela 23. Klasyfikacja poszczególnych osobników do badanych stad troci jeziiorowej na podstawie wykonanej analizy dyskryminacyjnej dla cech biometrycznych (metoda Pravdina).	96
Tabela 24. Wartości mocy dyskryminacyjnej dla dziesięciu cech biometrycznych (metoda „truss network”) najlepiej odróżniających badane stada troci jeziiorowej.	97
Tabela 25. Funkcje dyskryminacyjne uzyskane dla cech biometrycznych (metoda „truss network”) badanych stad troci jeziiorowej.	97
Tabela 26. Współczynniki funkcji dyskryminacyjnych dla cech biometrycznych (metoda „truss network”) badanych stad troci jeziiorowej.	98
Tabela 27. Współczynniki struktury czynnikowej reprezentujące korelacje między cechami biometrycznymi (metoda „truss network”) a funkcjami dyskryminacyjnymi obliczonymi dla badanych stad troci jeziiorowej.	98
Tabela 28. Średnie wartości funkcji dyskryminacyjnych dla cech biometrycznych (metoda „truss network”) badanych stad troci jeziiorowej.	99
Tabela 29. Klasyfikacja poszczególnych osobników do badanych stad troci jeziiorowej na podstawie wykonanej analizy dyskryminacyjnej dla cech biometrycznych (metoda „truss network”).	99
Tabela 30. Wartości wybranych wskaźników hodowlanych dla badanych stad troci jeziiorowej.	100

Tabela 1. Charakterystyka i pochodzenie troci jeziorowej stanowiącej materiał do badań. n – liczba osobników.

Stado	n	Długość ciała (mm)		Masa ciała (g)	
		Średnia	Zakres	Średnia	Zakres
Wdzydze	54	287,6	191,9 – 555,7	433,0	81,1 – 3037,0
Gawrych Ruda	115	301,7	91,2 – 537,7	545,2	11,2 – 2491,0
Hańcza	15	260,0	166,9 – 490,5	311,1	50,0 – 1563,0

Tabela 2. Symbole, skróty i nazwy cech merystycznych uwzględnionych w badaniach morfometrycznych troci jeziorowej.

Symbol	Skrót	Nazwa cechy
Z ₁	Dt	liczba promieni twardych w płetwie grzbietowej (D)
Z ₂	Dm	liczba promieni miękkich w płetwie grzbietowej (D)
Z ₃	At	liczba promieni twardych w płetwie odbytowej (A)
Z ₄	Am	liczba promieni miękkich w płetwie odbytowej (A)
Z ₅	Pt	liczba promieni twardych w płetwie piersiowej (P)
Z ₆	Pm	liczba promieni miękkich w płetwie piersiowej (P)
Z ₇	Vt	liczba promieni twardych w płetwie brzusznej (V)
Z ₈	Vm	liczba promieni miękkich w płetwie brzusznej (V)
Z ₉	l.l.	liczba łusek na linii bocznej
Z ₁₀	l.l.s/l (d)	liczba szeregów łusek od l.l. do płetwy D
Z ₁₁	l.l.s/l (f)	liczba szeregów łusek od l.l. do płetwy tłuszczowej (ad)
Z ₁₂	l.l.i/l (e)	liczba szeregów łusek od l.l. do płetwy V
Z ₁₃	Sp. branch.	liczba wyrostków filtracyjnych na łuku pierwszym skrzelowym
Z ₁₄	Vert.	liczba kręgów

Tabela 3. Symbole, skróty i nazwy cech biometrycznych uwzględnionych w badaniach morfometrycznych troci jeziiorowej (metoda Pravdina).

Symbol	Skrót	Nazwa cechy
X ₁	lc	długość boczna głowy
X ₂	prO	długość przedoczna
X ₃	O	średnica oka
X ₄	poO	przestrzeń zaoczna
X ₅	HDD	wysokość głowy przez źrenicę
X ₆	hc	wysokość głowy przy tułowi
X ₇	ho	wysokość głowy (na końcu pokryw skrzelowych)
X ₈	lac	szerokość głowy
X ₉	pD	długość przedgrzbietowa
X ₁₀	TTL	długość od operculum do początku płetwy grzbietowej
X ₁₁	pA	długość przedanalna
X ₁₂	poD	długość zagrzbietowa
X ₁₃	lpc	długość trzonu ogonowego
X ₁₄	CPL	długość trzonu ogonowego do nasady płetwy ogonowej
X ₁₅	P-V	długość od płetwy P do V
X ₁₆	H	największa wysokość ciała
X ₁₇	h ₃	wysokość ciała od grzbietu do nasady płetwy A
X ₁₈	h	najmniejsza wysokość ciała
X ₁₉	laco	szerokość tułowia
X ₂₀	Sl	długość ciała

Tabela 4. Opis punktów znacznikowych przyjętych do badań morfometrycznych troci jeziiorowej metodą „truss network”.

Numer punktu	Punkty znacznikowe
1	Przedni koniec kości przedszczękowej
2	Tylne krawędzie kości kątowej
3	Tylne krawędzie kości potylicznej górnej
4	Początek płetwy piersiowej
5	Początek płetwy grzbietowej
6	Początek płetwy brzusznej
7	Tylne przyczep płetwy grzbietowej
8	Początek płetwy odbytowej
9	Początek płetwy tłuszczowej
10	Tylne przyczep płetwy odbytowej
11	Początek grzbietowego płata płetwy ogonowej
12	Początek brzuszego płata płetwy ogonowej
13	Środkowy punkt pomiędzy początkiem grzbietowego i brzuszego płata płetwy ogonowej

Tabela 5. Symbole i nazwy cech biometrycznych oraz określające je pomiary między punktami znacznikowymi przyjętymi do badań morfometrycznych troci jeziiorowej metodą „truss network”.

Symbol	Pomiar	Nazwa cechy
y1	1-2	długość od przedniego końca kości przedszczękowej do tylnej krawędzi kości kątowej
y2	1-3	długość od przedniego końca kości przedszczękowej do tylnej krawędzi kości potylicznej
y3	1-4	długość od przedniego końca kości przedszczękowej do początku płetwy piersiowej (P)
y4	2-3	długość od tylnej krawędzi kości kątowej do tylnej krawędzi kości potylicznej
y5	2-4	długość od tylnej krawędzi kości kątowej do początku płetwy piersiowej
y6	3-4	długość od tylnej krawędzi kości potylicznej do początku płetwy piersiowej
y7	3-5	długość od tylnej krawędzi kości potylicznej do początku płetwy grzbietowej (D)
y8	3-6	długość od tylnej krawędzi kości potylicznej do początku płetwy brzusznej (V)
y9	4-5	długość od początku płetwy piersiowej do początku płetwy grzbietowej
y10	4-6	długość od początku płetwy piersiowej do początku płetwy brzusznej
y11	5-6	długość od początku płetwy grzbietowej do początku płetwy brzusznej
y12	5-7	długość nasady płetwy grzbietowej
y13	5-8	długość od początku płetwy grzbietowej do początku płetwy odbytowej (A)
y14	6-7	długość od początku płetwy brzusznej do tylnego przyczepu płetwy grzbietowej
y15	6-8	długość od początku płetwy brzusznej do początku płetwy odbytowej
y16	7-8	długość od tylnego przyczepu płetwy grzbietowej do początku płetwy odbytowej
y17	7-9	długość od tylnego przyczepu płetwy grzbietowej do początku płetwy tłuszczowej
y18	7-10	długość od tylnego przyczepu płetwy grzbietowej do tylnego przyczepu płetwy odbytowej
y19	8-9	długość od początku płetwy odbytowej do początku płetwy tłuszczowej
y20	8-10	długość nasady płetwy odbytowej
y21	9-10	długość od początku płetwy tłuszczowej do tylnego przyczepu płetwy odbytowej
y22	9-11	długość od początku płetwy tłuszczowej do początku grzbietowego płata płetwy ogonowej
y23	9-12	długość od początku płetwy tłuszczowej do początku brzuszego płata płetwy ogonowej
y24	10-11	długość od tylnego przyczepu płetwy odbytowej do początku grzbietowego płata płetwy ogonowej
y25	10-12	długość od tylnego przyczepu płetwy odbytowej do początku brzuszego płata płetwy ogonowej
y26	11-12	długość od początku grzbietowego płata płetwy ogonowej do początku brzuszego płata płetwy ogonowej
y27	11-13	długość od początku grzbietowego płata płetwy ogonowej do środkowego punktu pomiędzy początkiem grzbietowego i brzuszego płata płetwy ogonowej
y28	12-13	długość od początku brzuszego płata płetwy ogonowej do środkowego punktu pomiędzy początkiem grzbietowego i brzuszego płata płetwy ogonowej

Tabela 6. Wzrost troci jezirowej określony metodą odczytów wstecznych w kolejnych latach życia. Wartości w wierszach oznaczone różnymi indeksami literowymi wskazują istotne statystycznie różnice międzygrupowe (test Fishera, $p < 0,05$)

Wiek ryb	Długość ciała (SI)(mm)					
	Wdzydze		Gawrych Ruda		Hańcza	
	średnia	zakres	średnia	zakres	średnia	zakres
1	109,9 ^a	79,7 – 144,7	145,7 ^b	108,9 – 204,0	97,7 ^a	80,4 – 119,2
2	189,9 ^a	132,9 – 264,6	244,9 ^b	190,5 – 377,2	188,8 ^a	159,0 – 264,9
3	285,4 ^a	192,7 – 359,5	337,9 ^b	264,7 – 396,1	303,8 ^a	225,1 – 382,6
4	358,4 ^a	270,2 – 438,5	402,8 ^a	318,8 – 446,6	373,9 ^a	277,0 – 470,9
5	399,5 ^a	303,7 – 467,9	473,9 ^a	457,3 – 503,9	-	-
6	468,9	-	-	-	-	-

Tabela 7. Cechy merystyczne dla badanych stad troci jeziorowej. $\bar{x}$ - średnia, SD – odchylenie standardowe, V – współczynnik zmienności (%). Wartości poszczególnych cech oznaczone różnymi indeksami literowymi wskazują istotne statystycznie różnice międzygrupowe (test Kruskala-Walisa, $p < 0,05$). Symbole cech podano zgodnie z Tabelą 2.

Symbol cechy	Stado	$\bar{x}$	Zakres	SD	V
z ₁	Wdzydze	2,098 ^a	2-3	0,30	14,31
	Gawrych Ruda	2,293 ^b	2-4	0,50	21,64
	Hańcza	2,066 ^a	2-3	0,26	12,49
z ₂	Wdzydze	10,55 ^a	9-12	0,73	6,92
	Gawrych Ruda	10,48 ^a	9-12	0,77	7,30
	Hańcza	10,66 ^a	10-12	0,72	6,79
z ₃	Wdzydze	2,02 ^a	2-3	0,14	6,93
	Gawrych Ruda	2,09 ^a	2-4	0,32	15,31
	Hańcza	2,00 ^a	2-2	0,00	0,00
z ₄	Wdzydze	9,12 ^a	7-10	0,82	8,95
	Gawrych Ruda	9,36 ^a	7-12	0,86	9,14
	Hańcza	9,53 ^a	8-10	0,64	6,71
z ₅	Wdzydze	1 ^a	1-1	0,00	0,00
	Gawrych Ruda	1 ^a	1-1	0,00	0,00
	Hańcza	1 ^a	1-1	0,00	0,00
z ₆	Wdzydze	12,09 ^b	11-13	0,61	5,03
	Gawrych Ruda	11,52 ^a	9-13	0,79	6,85
	Hańcza	11,87 ^{ab}	11-13	0,64	5,39
z ₇	Wdzydze	1 ^a	1-1	0,00	0,00
	Gawrych Ruda	1 ^a	1-1	0,00	0,00
	Hańcza	1 ^a	1-1	0,00	0,00
z ₈	Wdzydze	8,04 ^a	8-9	0,20	2,44
	Gawrych Ruda	8,06 ^a	8-9	0,23	2,84
	Hańcza	8,00 ^a	8-8	0,00	0,00
z ₉	Wdzydze	120,46 ^b	115-126	2,72	2,26
	Gawrych Ruda	118,84 ^a	112-125	2,48	2,08
	Hańcza	119,07 ^{ab}	116-122	1,94	1,63
z ₁₀	Wdzydze	17,76 ^a	15-20	1,32	7,41
	Gawrych Ruda	18,52 ^b	16-24	1,60	8,63
	Hańcza	19,13 ^b	17-21	0,99	5,18
z ₁₁	Wdzydze	12,24 ^a	10-15	0,85	6,91
	Gawrych Ruda	12,58 ^a	10-16	1,47	11,70
	Hańcza	12,93 ^a	10-15	1,22	9,45
z ₁₂	Wdzydze	18,50 ^a	17-22	1,18	6,37
	Gawrych Ruda	18,87 ^a	15-23	1,43	7,60
	Hańcza	18,53 ^a	16-21	1,51	8,12
z ₁₃	Wdzydze	17,32 ^a	16-19	0,82	4,74
	Gawrych Ruda	17,35 ^a	15-20	0,90	5,17
	Hańcza	17,87 ^b	16-19	0,74	4,16
z ₁₄	Wdzydze	57,04 ^a	53-59	1,55	2,72
	Gawrych Ruda	56,83 ^a	53-60	1,19	2,10
	Hańcza	56,73 ^a	53-59	2,05	3,62

Tabela 8. Wartości mocy dyskryminacyjnej dla pięciu cech merystycznych najlepiej odróżniających badane stada troci jezirowej. Lambda Wilksa – wartość funkcji testowej lambda Wilksa, F – wartość funkcji testowej Fishera-Snedecora, p – poziom istotności. Symbole cech podano zgodnie z Tabelą 2.

Symbol cechy	<i>Lambda</i> Wilksa	Częstkowa <i>lambda</i> Wilksa	F	p
z6	0,7635	0,8888	10,39	0,0001
z9	0,7349	0,9234	6,89	0,0013
z10	0,7379	0,9196	7,25	0,0010
z1	0,7187	0,9442	4,90	0,0085
z4	0,7051	0,9624	3,24	0,0417

Tabela 9. Funkcje dyskryminacyjne uzyskane dla cech merystycznych badanych stad troci jezirowej. Wartość własna – proporcja wariancji wyjaśnianej przez korelację między odpowiednimi zmiennymi kanonicznymi, R – współczynnik korelacji kanonicznej, Lambda Wilksa – wartość funkcji testowej, χ^2 – wartość testu chi-kwadrat o równości średnich wartości funkcji dyskryminacyjnych, df – stopnie swobody, p – poziom istotności.

Funkcja	Wartość własna	R	<i>Lambda</i> Wilksa	χ^2	df	p
0	0,3905	0,5300	0,6786	65,14	10	0,0000
1	0,0598	0,2375	0,9436	9,75	4	0,0448

Tabela 10. Współczynniki funkcji dyskryminacyjnych dla cech merystycznych badanych stad troci jezirowej. Symbole cech podano zgodnie z Tabelą 2.

	Współczynniki funkcji dyskryminacyjnych			
	Funkcja 1		Funkcja 2	
	Surowe	Standaryzowane	Surowe	Standaryzowane
Stała	-23,83		-8,73	
z6	0,83	0,60	0,67	0,49
z9	0,21	0,52	-0,08	-0,19
z10	-0,30	-0,44	0,47	0,70
z1	-0,89	-0,38	-1,24	-0,53
z4	-0,40	-0,33	0,44	0,36
Procent wyjaśnionej wariancji	86,73		13,27	

Tabela 11. Współczynniki struktury czynnikowej reprezentujące korelacje między cechami merystycznymi a funkcjami dyskryminacyjnymi obliczonymi dla badanych stad troci jeziiorowej. Symbole cech podano zgodnie z Tabelą 2.

Symbol cechy	Funkcja 1	Funkcja 2
z6	0,59	0,37
z9	0,54	-0,06
z10	-0,39	0,62
z1	-0,31	-0,48
z4	-0,21	0,32

Tabela 12. Średnie wartości funkcji dyskryminacyjnych dla cech merystycznych badanych stad troci jeziiorowej.

Stado	Funkcja 1	Funkcja 2
Gawrych Ruda	-0,44	-0,08
Wdzydze	0,95	-0,05
Hańcza	-0,12	0,79

Tabela 13. Klasyfikacja poszczególnych osobników do badanych stad troci jeziiorowej na podstawie wykonanej analizy dyskryminacyjnej dla cech merystycznych.

Stado	Procent poprawnych klasyfikacji	Liczba osobników		
		Gawrych Ruda	Wdzydze	Hańcza
Gawrych Ruda	87,85	94	12	1
Wdzydze	54,90	23	28	0
Hańcza	0,00	14	1	0
Razem	70,52	131	41	1

Tabela 14 Względne wartości cech biometrycznych (metoda Pravdina) troci jezirowej pochodzącej z badanych stad. $\bar{x}$ – średnia, SD – odchylenie standardowe, V – współczynnik zmienności (%). Wartości poszczególnych cech oznaczone różnymi indeksami literowymi wskazują istotne statystycznie różnice międzygrupowe (test Fishera, $p < 0,05$). Symbole cech podano zgodnie z Tabelą 3.

Symbol cechy	Stado	$\bar{x}$	Zakres	SD	V
x ₁	Wdzydze	22,32 ^b	19,11 – 26,66	1,24	5,56
	Gawrych Ruda	20,24 ^a	15,95 – 24,97	1,69	8,32
	Hańcza	20,65 ^a	18,73 – 22,24	1,10	5,35
x ₂	Wdzydze	23,18 ^a	19,01 – 28,48	2,01	8,66
	Gawrych Ruda	23,46 ^a	17,20 – 31,56	2,97	12,68
	Hańcza	22,68 ^a	20,32 – 25,58	1,52	6,72
x ₃	Wdzydze	16,30 ^a	10,82 – 19,95	2,62	16,07
	Gawrych Ruda	17,26 ^a	11,60 – 26,86	3,14	18,20
	Hańcza	17,68 ^a	13,61 – 20,66	2,28	12,87
x ₄	Wdzydze	60,44 ^b	55,97 – 66,30	2,32	3,83
	Gawrych Ruda	59,12 ^a	51,15 – 66,04	2,83	4,79
	Hańcza	59,73 ^{ab}	55,18 – 62,40	2,25	3,77
x ₅	Wdzydze	47,97 ^a	43,37 – 61,10	2,85	5,94
	Gawrych Ruda	56,52 ^b	47,20 – 86,04	6,38	11,28
	Hańcza	50,85 ^a	45,39 – 63,18	4,64	9,13
x ₆	Wdzydze	66,62 ^a	59,04 – 79,82	3,52	5,29
	Gawrych Ruda	79,98 ^c	66,73 – 104,24	7,49	9,37
	Hańcza	74,90 ^b	64,99 – 86,16	6,82	9,10
x ₇	Wdzydze	83,82 ^a	76,45 – 93,53	3,84	4,58
	Gawrych Ruda	97,67 ^c	80,88 – 116,37	7,42	7,60
	Hańcza	92,63 ^b	79,72 – 105,17	7,16	7,73
x ₈	Wdzydze	47,08 ^a	40,62 – 52,55	2,95	6,26
	Gawrych Ruda	56,49 ^c	36,14 – 73,82	5,86	10,38
	Hańcza	53,05 ^b	43,70 – 61,88	4,77	8,99
x ₉	Wdzydze	43,28 ^a	40,94 – 47,32	1,57	3,62
	Gawrych Ruda	44,31 ^b	41,25 – 48,59	1,47	3,32
	Hańcza	44,00 ^{ab}	41,45 – 46,04	1,50	3,42

Tabela 14. Ciąg dalszy

Symbol cechy	Stado	$\bar{x}$	Zakres	SD	V
x ₁₀	Wdzydze	20,98 ^a	18,40 – 24,88	1,54	7,34
	Gawrych Ruda	24,04 ^b	20,92 – 29,30	1,54	6,39
	Hańcza	23,29 ^b	21,24 – 26,86	1,65	7,06
x ₁₁	Wdzydze	72,64 ^a	70,67 – 75,02	1,06	1,46
	Gawrych Ruda	73,57 ^b	70,60 – 77,47	1,36	1,85
	Hańcza	72,29 ^a	70,43 – 75,01	1,19	1,64
x ₁₂	Wdzydze	36,98 ^a	33,21 – 38,98	1,54	4,16
	Gawrych Ruda	36,79 ^a	31,29 – 39,68	1,70	4,62
	Hańcza	37,70 ^a	34,72 – 40,86	2,19	5,81
x ₁₃	Wdzydze	18,13 ^b	15,68 – 19,52	0,99	5,50
	Gawrych Ruda	17,73 ^a	14,67 – 21,37	1,22	6,91
	Hańcza	18,57 ^b	17,03 – 20,24	1,02	5,52
x ₁₄	Wdzydze	12,04 ^a	9,05 – 14,38	1,39	11,53
	Gawrych Ruda	12,13 ^a	8,59 – 15,16	1,17	9,67
	Hańcza	12,69 ^a	9,82 – 15,89	1,56	12,28
x ₁₅	Wdzydze	29,79 ^a	27,4 – 33,16	1,22	4,09
	Gawrych Ruda	32,02 ^c	29,24 – 37,44	1,42	4,45
	Hańcza	30,83 ^b	28,90 – 34,01	1,36	4,41
x ₁₆	Wdzydze	22,14 ^a	18,43 – 25,81	1,62	7,32
	Gawrych Ruda	23,44 ^b	19,46 – 27,06	1,35	5,78
	Hańcza	23,47 ^b	18,93 – 27,55	2,56	10,91
x ₁₇	Wdzydze	16,80 ^a	15,10 – 19,36	0,97	5,75
	Gawrych Ruda	17,08 ^a	15,29 – 19,24	0,77	4,49
	Hańcza	16,71 ^a	14,06 – 18,86	1,57	9,42
x ₁₈	Wdzydze	9,27 ^b	8,49 – 10,35	0,38	4,15
	Gawrych Ruda	9,16 ^b	7,98 – 10,17	0,44	4,82
	Hańcza	8,90 ^a	7,92 – 9,67	0,62	6,94
x ₁₉	Wdzydze	11,40 ^a	8,89 – 13,44	0,85	7,50
	Gawrych Ruda	12,57 ^b	8,25 – 15,29	0,99	7,91
	Hańcza	12,34 ^b	10,39 – 14,44	1,22	9,88

Tabela 15. Parametry liniowych równań regresji ($y = b_0 \pm b_1 x$) charakteryzujących związek poszczególnych cech biometrycznych (metoda Pravdina) troci jeziiorowej w badanych stadach ze standardową długością ich ciała. b_0 , b_1 – współczynniki regresji, SE – błąd standardowy, $R^2(\%)$ – współczynnik determinacji, $p < 0.0001$. Symbole cech podano zgodnie z Tabelą 3.

Symbol cechy	Stado	b_0	b_1	$R^2\%$	SE
X ₁	Wdzydze	0,6066	0,2211	96,00	4,71
	Gawrych Ruda	3,0439	0,1907	92,97	5,84
	Hańcza	-1,4918	0,2122	97,33	2,96
X ₂	Wdzydze	-2,1314	0,2687	96,27	1,25
	Gawrych Ruda	-2,2433	0,2773	90,13	2,02
	Hańcza	-2,4961	0,2768	98,74	0,59
X ₃	Wdzydze	5,0973	0,0746	87,25	0,67
	Gawrych Ruda	3,5214	0,1045	87,51	0,87
	Hańcza	3,9078	0,0980	87,39	0,70
X ₄	Wdzydze	-2,7769	0,6521	99,04	1,51
	Gawrych Ruda	-1,2228	0,6153	98,20	1,83
	Hańcza	-1,4467	0,6266	99,15	1,05
X ₅	Wdzydze	-0,6152	0,4899	97,64	1,80
	Gawrych Ruda	-1,3173	0,5912	91,04	4,08
	Hańcza	1,7283	0,4735	94,04	2,16
X ₆	Wdzydze	0,3080	0,6606	97,59	2,33
	Gawrych Ruda	-0,7976	0,8164	92,78	5,01
	Hańcza	1,0425	0,7293	93,80	3,40
X ₇	Wdzydze	1,3046	0,8150	97,84	2,85
	Gawrych Ruda	2,5831	0,9303	94,81	4,77
	Hańcza	0,4240	0,9202	95,70	3,53
X ₈	Wdzydze	2,1492	0,4335	95,68	2,07
	Gawrych Ruda	-1,1207	0,5865	92,45	3,69
	Hańcza	-2,7072	0,5845	96,04	2,15
X ₉	Wdzydze	-11,3664	0,4764	99,48	3,58
	Gawrych Ruda	-3,7430	0,4569	99,12	4,80
	Hańcza	-7,4634	0,4703	99,06	3,86

Tabela 15. Ciąg dalszy

Symbol cechy	Stado	b_0	b_1	$R^2\%$	SE
x ₁₀	Wdzydze	-12,4742	0,2572	98,44	3,40
	Gawrych Ruda	-6,8312	0,2660	97,28	4,92
	Hańcza	-5,0312	0,2537	96,84	3,86
x ₁₁	Wdzydze	-7,6016	0,7556	99,93	2,11
	Gawrych Ruda	-6,0571	0,7587	99,79	3,89
	Hańcza	-12,1792	0,7726	99,93	1,77
x ₁₂	Wdzydze	5,5129	0,3484	98,59	4,36
	Gawrych Ruda	3,5272	0,3547	98,24	5,29
	Hańcza	4,5731	0,3585	97,04	5,27
x ₁₃	Wdzydze	6,3753	0,1567	98,11	2,27
	Gawrych Ruda	5,3664	0,1568	96,39	3,38
	Hańcza	7,8812	0,1532	98,69	1,48
x ₁₄	Wdzydze	2,9279	0,1090	89,61	3,88
	Gawrych Ruda	3,2578	0,1087	92,59	3,40
	Hańcza	4,4988	0,1081	90,15	3,15
x ₁₅	Wdzydze	-7,6991	0,3272	98,89	3,62
	Gawrych Ruda	-3,9042	0,3350	98,40	4,75
	Hańcza	-14,5226	0,3678	99,81	1,34
x ₁₆	Wdzydze	1,8922	0,2142	92,97	6,15
	Gawrych Ruda	0,9887	0,2311	96,79	4,68
	Hańcza	-2,9859	0,2473	92,86	5,77
x ₁₇	Wdzydze	-2,6950	0,1784	96,85	3,36
	Gawrych Ruda	-1,1312	0,1754	98,23	2,62
	Hańcza	-5,6624	0,1902	94,74	3,77
x ₁₈	Wdzydze	-0,8022	0,0959	98,34	1,30
	Gawrych Ruda	0,8235	0,0884	97,92	1,44
	Hańcza	-2,0540	0,0973	96,62	1,53
x ₁₉	Wdzydze	1,1100	0,1097	94,18	2,85
	Gawrych Ruda	-0,3762	0,1273	95,12	3,23
	Hańcza	-0,5747	0,1257	92,32	3,05

Tabela 16. Względne wartości cech biometrycznych (metoda Pravdina) troci jezirowej pochodzącej z badanych stad, obliczone dla wybranych długości ciała. p – prawdopodobieństwo wystąpienia hipotezy, że badane cechy nie zmieniają się wraz długością ciała ($H_0: b_0 = 0$, test t). Wartości istotne statystycznie ($p \leq 0,05$) wytłuszczono. Symbole cech podano zgodnie z Tabelą 3.

Symbol cechy	Stado	Względna wartość cechy (%) dla wybranych długości ciała (mm)								p
		200	250	300	350	400	450	500	550	
x ₁	Wdzydze	22,4	22,4	22,3	22,3	22,3	22,2	22,2	22,2	0,7521
	Gawrych Ruda	20,6	20,3	20,1	19,9	19,8	19,7	19,7	19,6	0,0571
	Hańcza	20,5	20,6	20,7	20,8	20,8	20,9	20,9	21,0	0,6139
x ₂	Wdzydze	25,8	26,0	26,2	26,3	26,3	26,4	26,4	26,5	0,0001
	Gawrych Ruda	26,6	26,8	27,0	27,1	27,2	27,2	27,3	27,3	0,0001
	Hańcza	26,4	26,7	26,8	27,0	27,1	27,1	27,2	27,2	0,0011
x ₃	Wdzydze	10,0	9,5	9,2	8,9	8,7	8,6	8,5	8,4	0,0000
	Gawrych Ruda	12,2	11,9	11,6	11,5	11,3	11,2	11,2	11,1	0,0000
	Hańcza	11,7	11,4	11,1	10,9	10,8	10,7	10,6	10,5	0,0001
x ₄	Wdzydze	63,8	64,1	64,3	64,4	64,5	64,6	64,7	64,7	0,0000
	Gawrych Ruda	60,9	61,0	61,1	61,2	61,2	61,3	61,3	61,3	0,0169
	Hańcza	61,9	62,1	62,2	62,2	62,3	62,3	62,4	62,4	0,1681
x ₅	Wdzydze	48,7	48,7	48,8	48,8	48,8	48,9	48,9	48,9	0,3995
	Gawrych Ruda	58,5	58,6	58,7	58,7	58,8	58,8	58,9	58,9	0,2430
	Hańcza	48,2	48,0	47,9	47,8	47,8	47,7	47,7	47,7	0,4106
x ₆	Wdzydze	66,2	66,2	66,2	66,1	66,1	66,1	66,1	66,1	0,7534
	Gawrych Ruda	81,2	81,3	81,4	81,4	81,4	81,5	81,5	81,5	0,5639
	Hańcza	73,5	73,3	73,3	73,2	73,2	73,2	73,1	73,1	0,7491
x ₇	Wdzydze	82,1	82,0	81,9	81,9	81,8	81,8	81,8	81,7	0,2617
	Gawrych Ruda	94,3	94,1	93,9	93,8	93,7	93,6	93,5	93,5	0,0513
	Hańcza	92,2	92,2	92,2	92,1	92,1	92,1	92,1	92,1	0,9003
x ₈	Wdzydze	44,4	44,2	44,1	44,0	43,9	43,8	43,8	43,7	0,0161
	Gawrych Ruda	58,1	58,2	58,3	58,3	58,4	58,4	58,4	58,4	0,2749
	Hańcza	57,1	57,4	57,5	57,7	57,8	57,9	57,9	58,0	0,2058
x ₉	Wdzydze	42,0	43,1	43,8	44,4	44,8	45,1	45,4	45,6	0,0000
	Gawrych Ruda	43,8	44,2	44,4	44,6	44,8	44,9	44,9	45,0	0,0048
	Hańcza	43,3	44,0	44,5	44,9	45,2	45,4	45,5	45,7	0,0723

Tabela 16. Ciąg dalszy

Symbol cechy	Stado	Względna wartość cechy (%) dla wybranych długości ciała(mm)								p
		200	250	300	350	400	450	500	550	
X ₁₀	Wdzydze	19,5	20,7	21,6	22,2	22,6	22,9	23,2	23,5	0,0000
	Gawrych Ruda	23,2	23,9	24,3	24,6	24,9	25,1	25,2	25,4	0,0000
	Hańcza	22,9	23,4	23,7	23,9	24,1	24,3	24,4	24,5	0,2066
X ₁₁	Wdzydze	71,8	72,5	73,0	73,4	73,7	73,9	74,0	74,2	0,0000
	Gawrych Ruda	72,8	73,4	73,9	74,1	74,4	74,5	74,7	74,8	0,0000
	Hańcza	71,2	72,4	73,2	73,8	74,2	74,6	74,8	75,0	0,0000
X ₁₂	Wdzydze	37,6	37,0	36,7	36,4	36,2	36,1	35,9	35,8	0,0029
	Gawrych Ruda	37,2	36,9	36,6	36,5	36,4	36,3	36,2	36,1	0,0154
	Hańcza	38,1	37,7	37,4	37,2	37,0	36,9	36,8	36,7	0,3909
X ₁₃	Wdzydze	18,9	18,2	17,8	17,5	17,3	17,1	16,9	16,8	0,0000
	Gawrych Ruda	18,4	17,8	17,5	17,2	17,0	16,9	16,8	16,7	0,0000
	Hańcza	19,3	18,5	17,9	17,6	17,3	17,1	16,9	16,8	0,0002
X ₁₄	Wdzydze	12,4	12,1	11,9	11,7	11,6	11,6	11,5	11,4	0,0682
	Gawrych Ruda	12,5	12,2	12,0	11,8	11,7	11,6	11,5	11,5	0,0006
	Hańcza	13,1	12,6	12,3	12,1	11,9	11,8	11,7	11,6	0,1750
X ₁₅	Wdzydze	28,9	29,6	30,2	30,5	30,8	31,0	31,2	31,3	0,0000
	Gawrych Ruda	31,5	31,9	32,2	32,4	32,5	32,6	32,7	32,8	0,0030
	Hańcza	29,5	31,0	31,9	32,6	33,1	33,5	33,9	34,1	0,0000
X ₁₆	Wdzydze	22,4	22,2	22,1	22,0	21,9	21,8	21,8	21,8	0,4514
	Gawrych Ruda	23,6	23,5	23,4	23,4	23,4	23,3	23,3	23,3	0,4379
	Hańcza	23,2	23,5	23,7	23,9	24,0	24,1	24,1	24,2	0,6050
X ₁₇	Wdzydze	16,5	16,8	16,9	17,1	17,2	17,2	17,3	17,4	0,0532
	Gawrych Ruda	17,0	17,1	17,2	17,2	17,3	17,3	17,3	17,3	0,1139
	Hańcza	16,2	16,8	17,1	17,4	17,6	17,8	17,9	18,0	0,1508
X ₁₈	Wdzydze	9,2	9,3	9,3	9,4	9,4	9,4	9,4	9,4	0,1342
	Gawrych Ruda	9,2	9,1	9,1	9,0	9,0	9,0	9,0	8,9	0,0366
	Hańcza	8,7	8,9	9,0	9,1	9,2	9,3	9,3	9,4	0,1950
X ₁₉	Wdzydze	11,5	11,4	11,3	11,3	11,2	11,2	11,2	11,2	0,3406
	Gawrych Ruda	12,5	12,6	12,6	12,6	12,6	12,6	12,7	12,7	0,6700
	Hańcza	12,3	12,3	12,4	12,4	12,4	12,4	12,5	12,5	0,8499

Tabela 17. Wyniki weryfikacji testem t współczynników (b1) (hipoteza H0) i współczynników (b0) (hipoteza H0') regresji liniowej związków cech biometrycznych (metoda Pravdina) troci jezirowych pochodzących z badanych stad. Wartości istotne statystycznie ($p \leq 0,05$) wytłuszczono. Symbole cech podano zgodnie z Tabelą 3.

Symbol cechy	Relacja	H ₀	H ₀ '
x ₁	Gawrych Ruda/Wdzydze	$p \leq 0,05$	
	Gawrych Ruda/Hańcza	$p > 0,05$	$p > 0,05$
	Wdzydze/Hańcza	$p > 0,05$	$p > 0,05$
x ₂	Gawrych Ruda/Wdzydze	$p > 0,05$	$p > 0,05$
	Gawrych Ruda/Hańcza	$p > 0,05$	$p > 0,05$
	Wdzydze/Hańcza	$p > 0,05$	$p > 0,05$
x ₃	Gawrych Ruda/Wdzydze	$p \leq 0,05$	
	Gawrych Ruda/Hańcza	$p > 0,05$	$p > 0,05$
	Wdzydze/Hańcza	$p > 0,05$	$p > 0,05$
x ₄	Gawrych Ruda/Wdzydze	$p \leq 0,05$	
	Gawrych Ruda/Hańcza	$p > 0,05$	$p > 0,05$
	Wdzydze/Hańcza	$p > 0,05$	$p > 0,05$
x ₅	Gawrych Ruda/Wdzydze	$p \leq 0,05$	
	Gawrych Ruda/Hańcza	$p \leq 0,05$	
	Wdzydze/Hańcza	$p > 0,05$	$p > 0,05$
x ₆	Gawrych Ruda/Wdzydze	$p \leq 0,05$	
	Gawrych Ruda/Hańcza	$p > 0,05$	$p > 0,05$
	Wdzydze/Hańcza	$p > 0,05$	$p > 0,05$
x ₇	Gawrych Ruda/Wdzydze	$p \leq 0,05$	
	Gawrych Ruda/Hańcza	$p > 0,05$	$p > 0,05$
	Wdzydze/Hańcza	$p > 0,05$	$p > 0,05$
x ₈	Gawrych Ruda/Wdzydze	$p \leq 0,05$	
	Gawrych Ruda/Hańcza	$p > 0,05$	$p > 0,05$
	Wdzydze/Hańcza	$p \leq 0,05$	
x ₉	Gawrych Ruda/Wdzydze	$p \leq 0,05$	
	Gawrych Ruda/Hańcza	$p > 0,05$	$p > 0,05$
	Wdzydze/Hańcza	$p > 0,05$	$p > 0,05$

Tabela 17. Ciąg dalszy

Symbol cechy	Relacja	H ₀	H ₀ '
x ₁₀	Gawrych Ruda/Wdzydze	p > 0,05	p ≤ 0,05
	Gawrych Ruda/Hańcza	p > 0,05	p > 0,05
	Wdzydze/Hańcza	p > 0,05	p > 0,05
x ₁₁	Gawrych Ruda/Wdzydze	p > 0,05	p > 0,05
	Gawrych Ruda/Hańcza	p > 0,05	p ≤ 0,05
	Wdzydze/Hańcza	p ≤ 0,05	
x ₁₂	Gawrych Ruda/Wdzydze	p > 0,05	p > 0,05
	Gawrych Ruda/Hańcza	p > 0,05	p > 0,05
	Wdzydze/Hańcza	p > 0,05	p > 0,05
x ₁₃	Gawrych Ruda/Wdzydze	p > 0,05	p > 0,05
	Gawrych Ruda/Hańcza	p > 0,05	p > 0,05
	Wdzydze/Hańcza	p > 0,05	p > 0,05
x ₁₄	Gawrych Ruda/Wdzydze	p > 0,05	p > 0,05
	Gawrych Ruda/Hańcza	p > 0,05	p > 0,05
	Wdzydze/Hańcza	p > 0,05	p > 0,05
x ₁₅	Gawrych Ruda/Wdzydze	p > 0,05	p > 0,05
	Gawrych Ruda/Hańcza	p ≤ 0,05	
	Wdzydze/Hańcza	p ≤ 0,05	
x ₁₆	Gawrych Ruda/Wdzydze	p > 0,05	p > 0,05
	Gawrych Ruda/Hańcza	p > 0,05	p > 0,05
	Wdzydze/Hańcza	p > 0,05	p > 0,05
x ₁₇	Gawrych Ruda/Wdzydze	p > 0,05	p > 0,05
	Gawrych Ruda/Hańcza	p > 0,05	p > 0,05
	Wdzydze/Hańcza	p > 0,05	p > 0,05
x ₁₈	Gawrych Ruda/Wdzydze	p ≤ 0,05	
	Gawrych Ruda/Hańcza	p > 0,05	p > 0,05
	Wdzydze/Hańcza	p > 0,05	p > 0,05
x ₁₉	Gawrych Ruda/Wdzydze	p ≤ 0,05	
	Gawrych Ruda/Hańcza	p > 0,05	p > 0,05
	Wdzydze/Hańcza	p > 0,05	p > 0,05

Tabela 18. Wartości mocy dyskryminacyjnej dla dziewięciu cech biometrycznych (metoda Pravdina) najlepiej odróżniających badane stada troci jezirowej. Lambda Wilksa – wartość funkcji testowej lambda Wilksa, F – wartość funkcji testowej Fishera-Snedecora, p – poziom istotności. Symbole cech podano zgodnie z Tabelą 3.

Symbol cechy	<i>Lambda</i> Wilksa	Częstkowa <i>lambda</i> Wilksa	F	p
x7	0,2758	0,8515	14,83	0,00
x9	0,2877	0,8162	19,15	0,00
x4	0,2856	0,8221	18,39	0,00
x1	0,2438	0,9629	3,28	0,04
x11	0,2655	0,8842	11,13	0,00
x18	0,2503	0,9382	5,60	0,00
x16	0,2532	0,9272	6,68	0,00
x12	0,2489	0,9435	5,09	0,01
x14	0,2453	0,9570	3,82	0,02

Tabela 19. Funkcje dyskryminacyjne uzyskane dla cech biometrycznych (metoda Pravdina) badanych stad troci jezirowej. Wartość własna – proporcja wariancji wyjaśnianej przez korelację między odpowiednimi zmiennymi kanonicznymi, R – współczynnik korelacji kanonicznej, Lambda Wilksa – wartość funkcji testowej, χ^2 – wartość testu chi-kwadrat o równości średnich wartości funkcji dyskryminacyjnych, df – stopnie swobody, p – poziom istotności.

Funkcja	Wartość własna	R kanoniczne	<i>Lambda</i> Wilksa	χ^2	df	p
0	2,3623	0,8382	0,2348	252,13	18	0,0000
1	0,2667	0,4589	0,7894	41,14	8	0,0000

Tabela 20. Współczynniki funkcji dyskryminacyjnych dla cech biometrycznych (metoda Pravdina) badanych stad troci jeziiorowej. Symbole cech podano zgodnie z Tabelą 3.

	Współczynniki funkcji dyskryminacyjnych			
	Funkcja 1		Funkcja 2	
	Surowe	Standaryzowane	Surowe	Standaryzowane
Stała	-25,01		27,43	
x ₇	0,14	0,93	-0,12	-0,78
x ₉	0,50	0,76	0,83	1,25
x ₄	-0,24	-0,63	0,06	0,17
x ₁	-0,24	-0,36	-0,43	-0,66
x ₁₁	0,15	0,19	-0,90	-1,14
x ₁₈	-0,40	-0,18	-1,28	-0,56
x ₁₆	-0,08	-0,12	0,63	0,97
x ₁₂	0,03	0,05	0,57	0,96
x ₁₄	0,17	0,22	-0,45	-0,57
Procent wyjaśnionej wariacji	89,85		10,15	

Tabela 21. Współczynniki struktury czynnikowej reprezentujące korelacje między cechami biometrycznymi (metoda Pravdina) a funkcjami dyskryminacyjnymi obliczonymi dla badanych stad troci jeziiorowej. Symbole cech podano zgodnie z Tabelą 3.

Symbol cechy	Funkcja 1	Funkcja 2
x ₇	0,63	-0,05
x ₉	0,20	0,01
x ₄	-0,15	0,04
x ₁	-0,40	-0,08
x ₁₁	0,22	-0,39
x ₁₈	-0,08	-0,34
x ₁₆	0,25	0,14
x ₁₂	-0,03	0,25
x ₁₄	0,02	0,23

Tabela 22. Średnie wartości funkcji dyskryminacyjnych dla cech biometrycznych (metoda Pravdina) badanych stad troci jeziiorowej.

Stado	Funkcja 1	Funkcja 2
Gawrych Ruda	1,09	-0,14
Wdzydze	-2,30	-0,14
Hańcza	0,01	1,84

Tabela 23. Klasyfikacja poszczególnych osobników do badanych stad troci jeziiorowej na podstawie wykonanej analizy dyskryminacyjnej dla cech biometrycznych (metoda Pravdina).

Stado	Procent poprawnych klasyfikacji	Liczba osobników		
		Gawrych Ruda	Wdzydze	Hańcza
Gawrych Ruda	96,49	110	2	2
Wdzydze	94,44	2	51	1
Hańcza	46,15	6	1	6
Razem	92,27	118	54	9

Tabela 24. Wartości mocy dyskryminacyjnej dla dziesięciu cech biometrycznych (metoda „truss network”) najlepiej odróżniających badane stada troci jezirowej. *Lambda* Wilksa – wartość funkcji testowej *lambda* Wilksa, F – wartość funkcji testowej Fishera-Snedecora, p – poziom istotności. Symbole cech podano zgodnie z Tabelą 5.

Symbol cechy	<i>Lambda</i> Wilksa	Częstkowa <i>lambda</i> Wilksa	F	p
y ₉	0,5540	0,4921	86,19	0,0000
y ₁₉	0,2977	0,9155	7,70	0,0006
y ₁₄	0,2886	0,9446	4,89	0,0086
y ₁₂	0,2985	0,9131	7,94	0,0005
y ₂₂	0,3050	0,8937	9,93	0,0001
y ₂₀	0,3042	0,8962	9,67	0,0001
y ₂₄	0,2909	0,9372	5,60	0,0044
y ₁₁	0,2837	0,9609	3,40	0,0358
y ₁₆	0,2919	0,9338	5,92	0,0033
y ₁₈	0,2872	0,9493	4,46	0,0129

Tabela 25. Funkcje dyskryminacyjne uzyskane dla cech biometrycznych (metoda „truss network”) badanych stad troci jezirowej. Wartość własna – proporcja wariancji wyjaśnianej przez korelację między odpowiednimi zmiennymi kanonicznymi, R – współczynnik korelacji kanonicznej, *Lambda* Wilksa – wartość funkcji testowej *lambda* Wilksa, χ^2 – wartość testu χ^2 o równości średnich wartości funkcji dyskryminacyjnych, df – stopnie swobody, p – poziom istotności.

Funkcja	Wartość własna	R kanoniczne	<i>Lambda</i> Wilksa	χ^2	df	p
0	1,6870	0,7924	0,2726	222,91	20	0,0000
1	0,3652	0,5172	0,7325	53,39	9	0,0000

Tabela 26. Współczynniki funkcji dyskryminacyjnych dla cech biometrycznych (metoda „truss network”) badanych stad troci jeziiorowej. Symbole cech podano zgodnie z Tabelą 5.

	Współczynniki funkcji dyskryminacyjnych			
	Funkcja 1		Funkcja 2	
	Surowe	Standaryzowane	Surowe	Standaryzowane
Stała	18,13		15,46	
y ₉	-0,92	-1,23	-0,22	-0,29
y ₁₉	-0,12	-0,11	-1,52	-1,36
y ₁₄	0,01	0,01	0,55	0,76
y ₁₂	0,09	0,08	-0,87	-0,77
y ₂₂	-0,57	-0,62	-0,27	-0,30
y ₂₀	1,09	0,70	0,99	0,63
y ₂₄	0,43	0,46	0,40	0,42
y ₁₁	-0,12	-0,17	0,53	0,78
y ₁₆	1,08	1,19	0,08	0,09
Procent wyjaśnionej wariancji	82,20		17,80	

Tabela 27. Współczynniki struktury czynnikowej reprezentujące korelacje między cechami biometrycznymi (metoda „truss network”) a funkcjami dyskryminacyjnymi obliczonymi dla badanych stad troci jeziiorowej. Symbole cech podano zgodnie z Tabelą 5.

Symbol cechy	Funkcja 1	Funkcja 2
y ₉	-0,77	-0,20
y ₁₉	-0,09	-0,30
y ₁₄	-0,25	0,32
y ₁₂	0,11	-0,34
y ₂₂	-0,06	0,24
y ₂₀	0,18	-0,01
y ₂₄	0,01	0,12
y ₁₁	-0,22	0,16
y ₁₆	-0,10	0,10
y ₁₈	0,06	0,27

Tabela 28. Średnie wartości funkcji dyskryminacyjnych dla cech biometrycznych (metoda „truss network”) badanych stad troci jeziiorowej.

Stado	Funkcja 1	Funkcja 2
Gawrych Ruda	-0,86	-0,23
Wdzydze	1,98	-0,04
Hańcza	-0,65	2,12

Tabela 29. Klasyfikacja poszczególnych osobników do badanych stad troci jeziiorowej na podstawie wykonanej analizy dyskryminacyjnej dla cech biometrycznych (metoda „truss network”).

Stado	Procent poprawnych klasyfikacji	Liczba osobników		
		Gawrych Ruda	Wdzydze	Hańcza
Gawrych Ruda	92,98	106	6	2
Wdzydze	88,68	6	47	0
Hańcza	53,85	5	1	7
Razem	88,89	117	54	9

Tabela 30. Wartości wybranych wskaźników hodowlanych dla badanych stad troci jeziiorowej. $\bar{x}$ – średnia, SD – odchylenie standardowe. Poszczególne wartości oznaczone różnymi indeksami literowymi wskazują istotne statystycznie różnice międzygrupowe (test Fishera, $p < 0,05$).

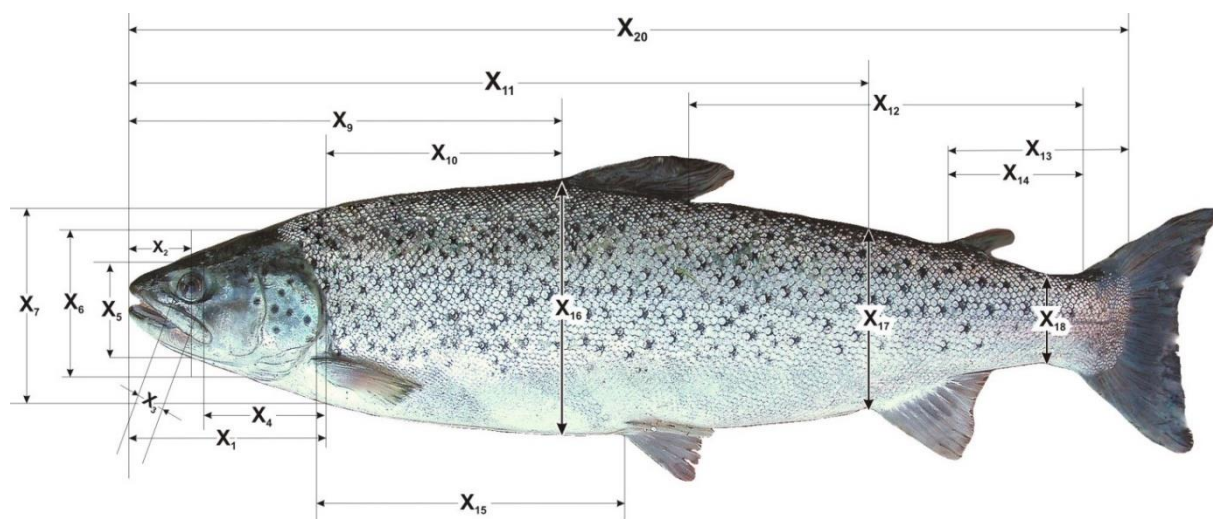
Współczynnik Fultona (K)			
Stado	$\bar{x}$	Zakres	SD
Wdzydze	1,30 ^a	1,00 – 1,77	0,16
Gawrych Ruda	1,46 ^b	1,07 – 2,02	0,17
Hańcza	1,40 ^{ab}	1,07 – 1,70	0,19
Indeks wygrzbiecienia (G)			
Stado	$\bar{x}$	Zakres	SD
Wdzydze	4,54 ^a	3,87 – 5,43	0,34
Gawrych Ruda	4,29 ^b	3,69 – 5,52	0,27
Hańcza	4,31 ^b	3,63 – 5,28	0,47
Indeks masy na jednostkę długości (I)			
Stado	$\bar{x}$	Zakres	SD
Wdzydze	1,19 ^a	0,42 – 5,47	0,95
Gawrych Ruda	1,51 ^b	0,12 – 4,97	1,04
Hańcza	1,03 ^a	0,30 – 3,19	0,71
Udział procentowy tuszki w całkowitej masie ryby (T)			
Stado	$\bar{x}$	Zakres	SD
Wdzydze	71,64 ^a	51,60 – 77,40	4,43
Gawrych Ruda	69,44 ^b	57,82 – 75,72	3,82
Hańcza	72,09 ^a	67,52 – 78,91	2,92
Udział procentowy fileta w całkowitej masie ryby (F)			
Stado	$\bar{x}$	Zakres	SD
Wdzydze	57,04 ^a	47,13 – 63,28	3,37
Gawrych Ruda	56,99 ^a	46,12 – 64,30	3,84
Hańcza	59,99 ^b	56,29 – 63,91	2,22

9. Rysunki

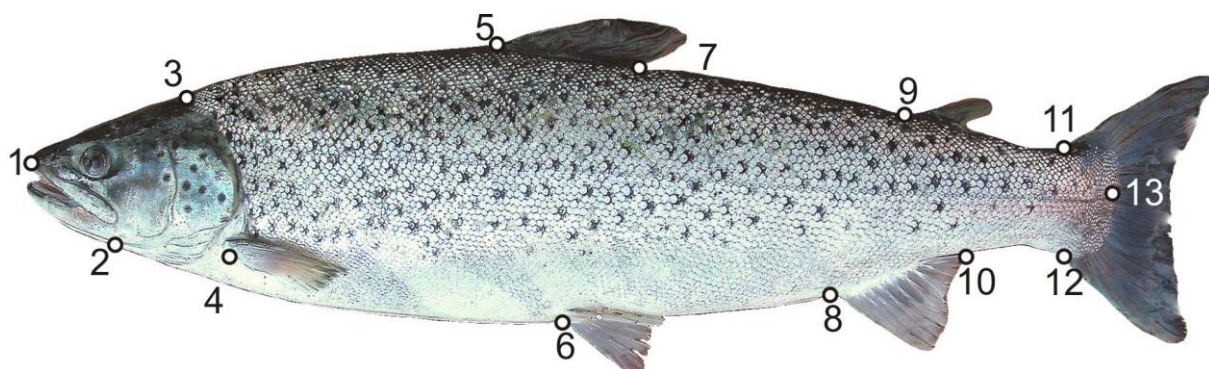
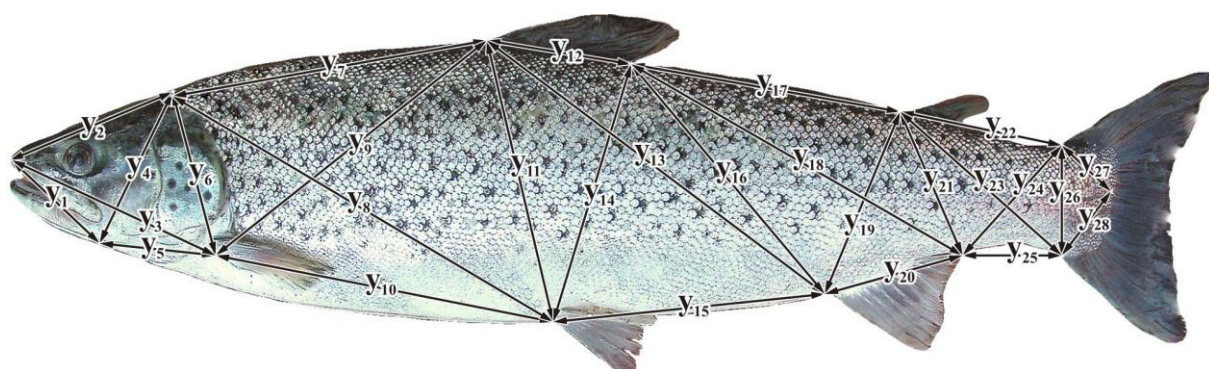
Rys. 1. Lokalizacja miejsc pochodzenia materiału badawczego.	102
Rys. 2. Schemat pomiarów cech biometrycznych troci jeziorowej wykorzystanych w przeprowadzonej analizie metodą Pravdina (1966) uzupełnionej przez Reist i inni (1991).	103
Rys. 3. Schemat zastosowanych pomiarów cech biometrycznych z wykorzystaniem metody „truss-network” wg Strauss i Bookstein (1982). A - rozmieszczenie punktów znacznikowych; B - oznaczenia odległości pomiędzy wyznaczonymi punktami znacznikowymi.	104
Rys. 4. Porównanie zależności między standardową długością a masą ciała ($W=a SI^b$) osobników troci jeziorowej z trzech badanych stad.	105
Rys. 5. Średnie i odchylenia standardowe pięciu cech merystycznych wyłonionych w analizie dyskryminacyjnej najlepiej rozróżniających poszczególne stada troci jeziorowej.	106
Rys.6. Wykres rozrzutu punktów reprezentujących poszczególne osobniki troci jeziorowej z poszczególnych stad w układzie wyznaczonym przez dwie funkcje dyskryminacyjne dla cech merystycznych.	107
Rys. 7. Średnie i odchylenia standardowe dziewięciu cech biometrycznych (metoda Pravdina) wyłonionych w analizie dyskryminacyjnej najlepiej rozróżniających poszczególne stada troci.	108
Rys.8. Wykres rozrzutu punktów reprezentujących poszczególne osobniki troci jeziorowej z poszczególnych stad w układzie wyznaczonym przez dwie funkcje dyskryminacyjne dla cech biometrycznych (metoda Pravdina).	109
Rys. 9. Średnie i odchylenia standardowe dziesięciu cech biometrycznych (metoda „truss network”) wyłonionych w analizie dyskryminacyjnej najlepiej rozróżniających poszczególne stada troci.	110
Rys.10. Wykres rozrzutu punktów reprezentujących poszczególne osobniki troci jeziorowej z poszczególnych stad w układzie wyznaczonym przez dwie funkcje dyskryminacyjne dla cech biometrycznych (metoda „truss network”).	111



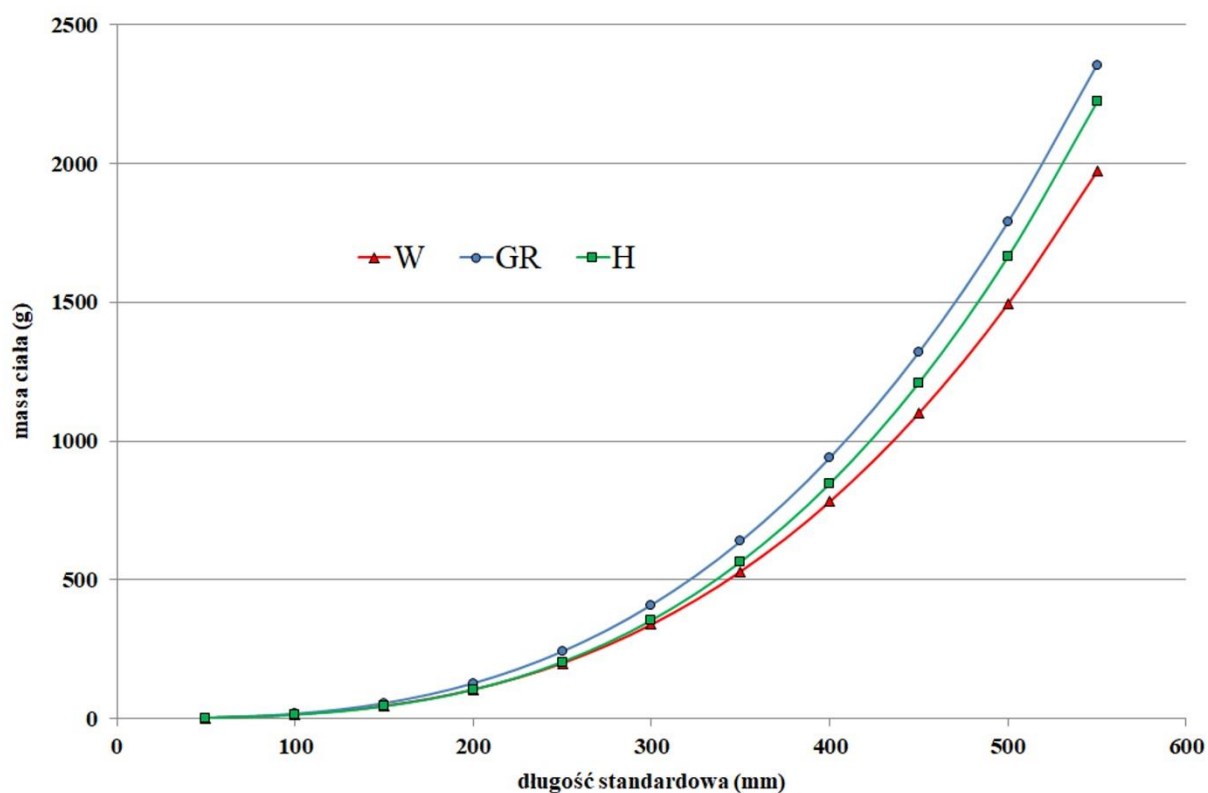
Rys. 1. Lokalizacja miejsc pochodzenia materiału badawczego.



Rys. 2. Schemat pomiarów cech biometrycznych troci jeziorowej wykorzystanych w przeprowadzonej analizie metodą Pravdina (1966) uzupełnionej przez Reist i in. (1991). Na rysunku nie zaznaczono pomiarów dotyczących szerokości głowy (x_9) i tułowia (x_{19}). Symbole cech podano zgodnie z Tabelą 3.

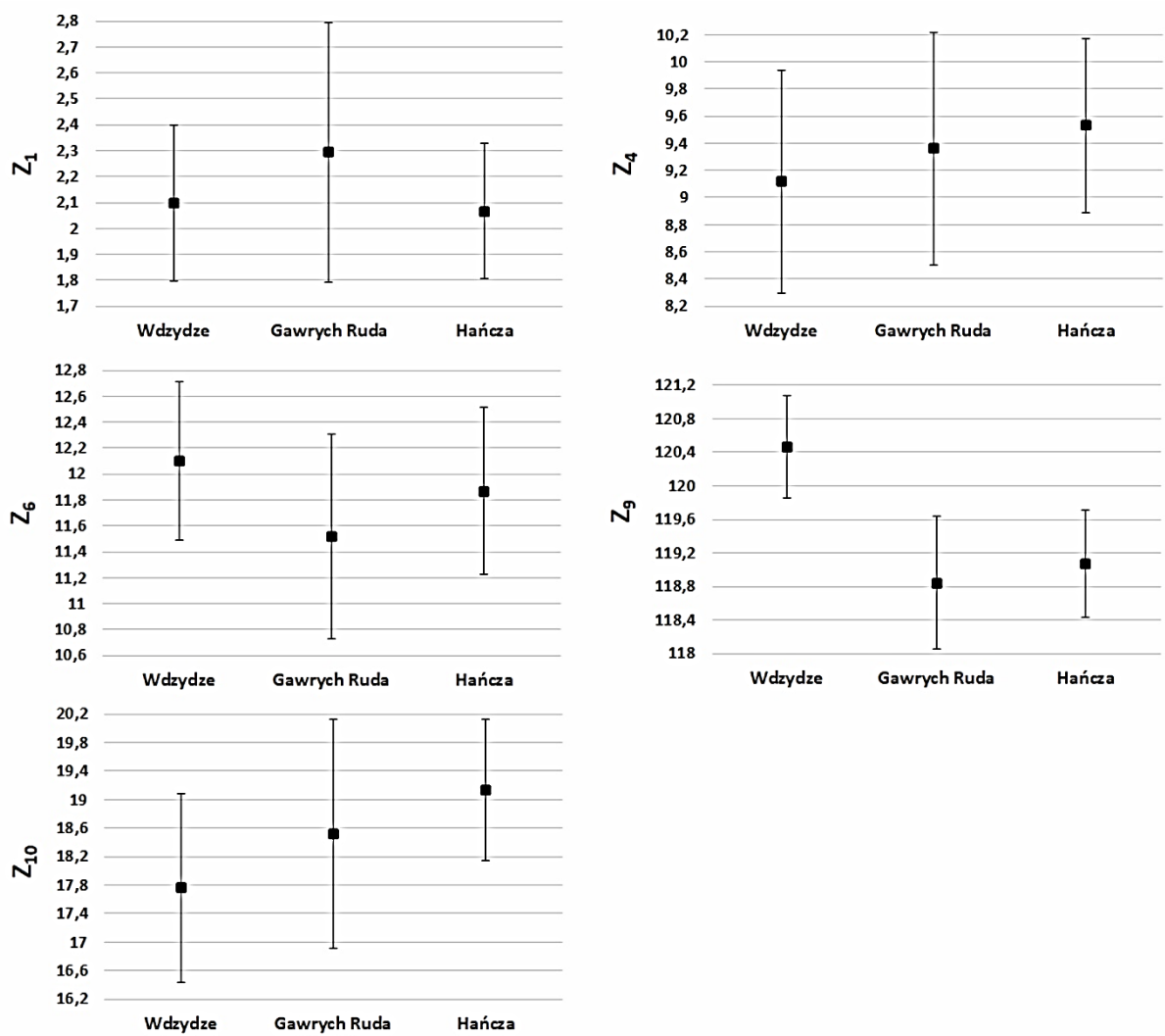
A**B**

Rys. 3. Schemat zastosowanych pomiarów cech biometrycznych z wykorzystaniem metody „truss-network” wg Strauss i Bookstein (1982). A - rozmieszczenie punktów znacznikowych; B - oznaczenia odległości pomiędzy wyznaczonymi punktami znacznikowymi. Opis punktów znacznikowych podano w Tabeli 4. Symbole cech podano zgodnie z Tabelą 5.

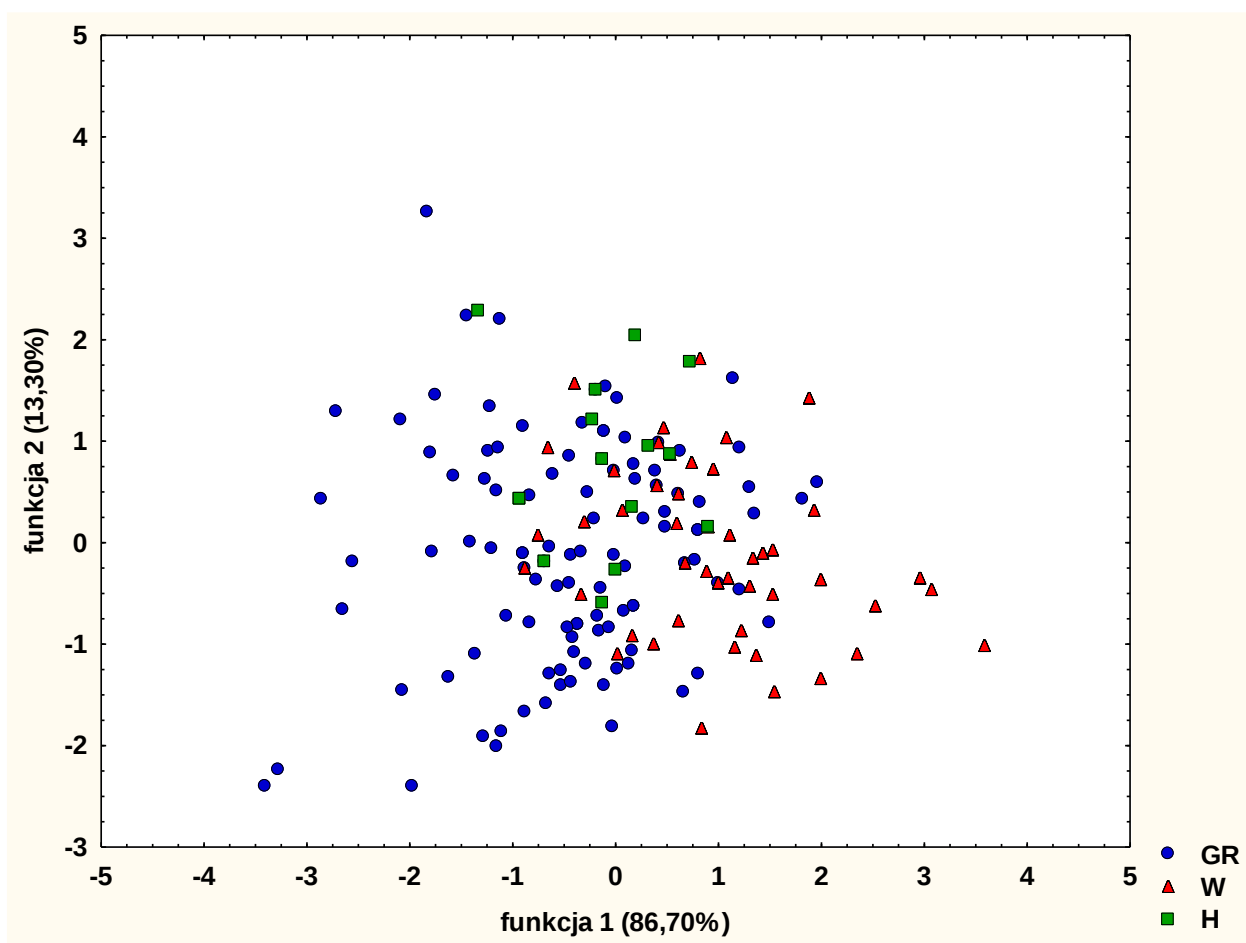


Stado	a	b	SE	R ² (%)
Wdzydze (W)	2,1E-05	2,9069	0,13	98,48
Gawrych Ruda (GR)	2,6E-05	2,8866	0,11	99,08
Hańcza (H)	1,1E-05	3,0316	0,12	97,22

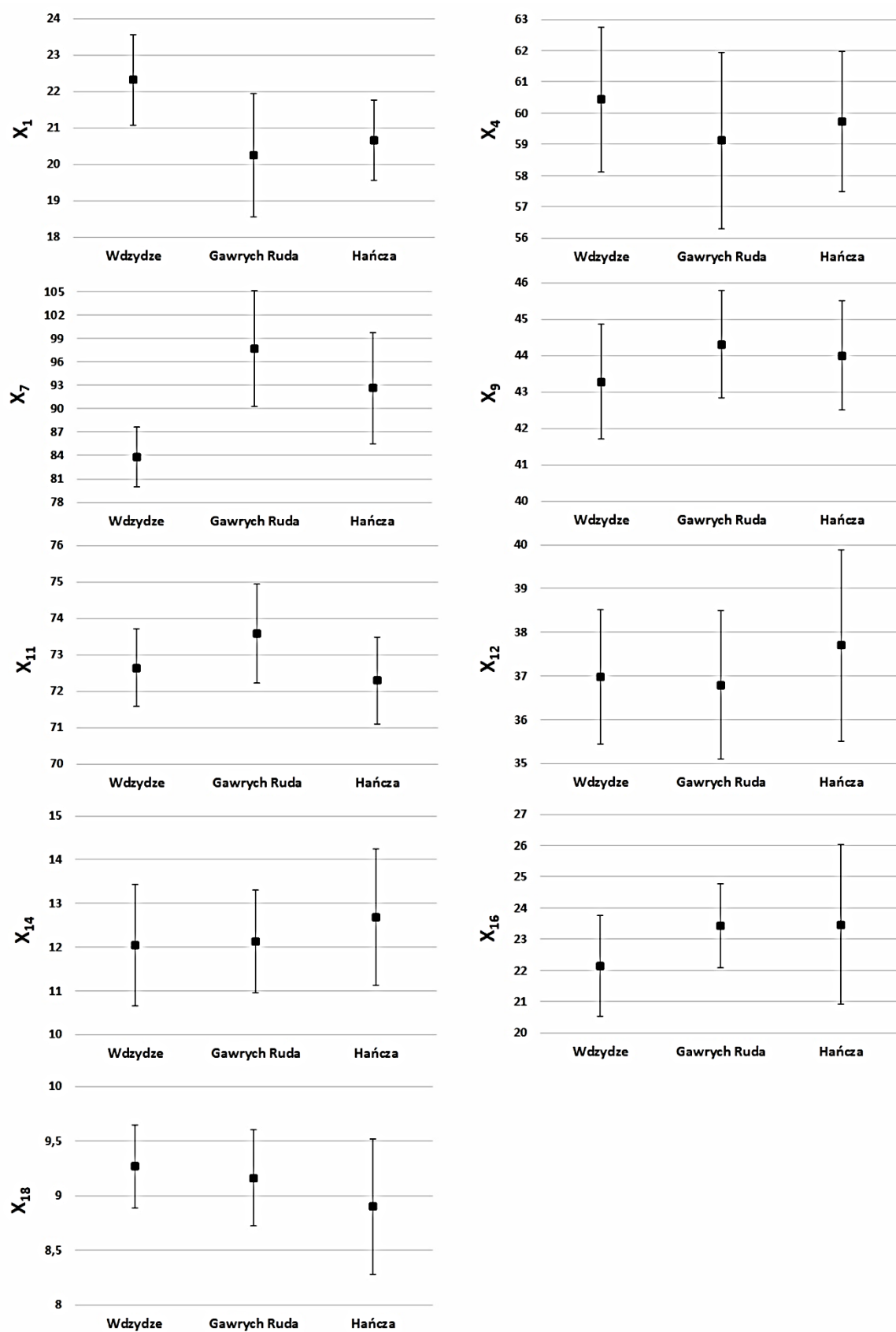
Rys. 4. Porównanie zależności między standardową długością a masą ciała ($W=a \cdot SL^b$) osobników troci jeziiorowej z trzech badanych stad: Wdzydze (W), Gawrych Ruda (GR) i Hańcza (H). a, b – współczynniki regresji, SE – błąd standardowy, R^2 – współczynnik determinacji, $p < 0,0003$.



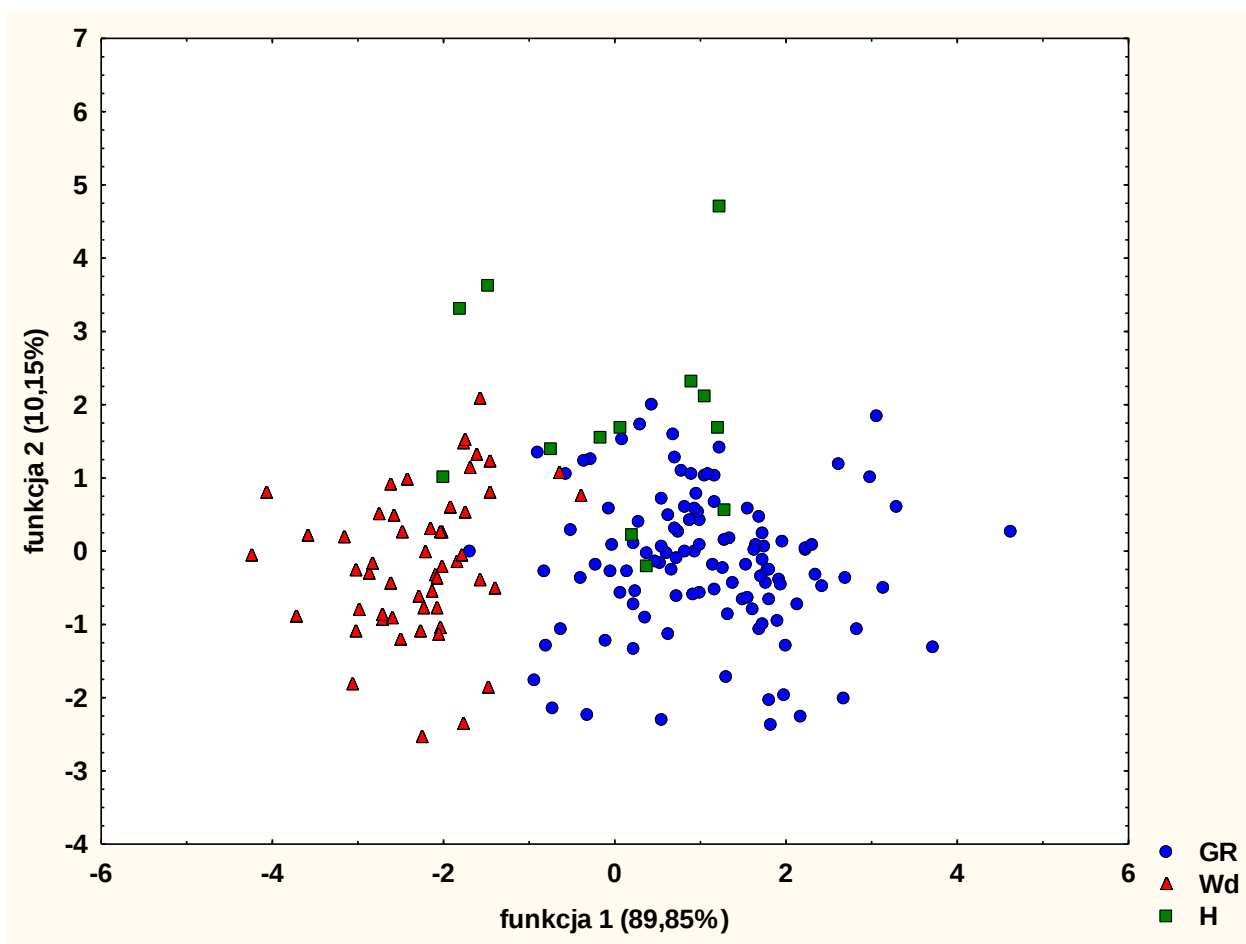
Rys. 5. Średnie i odchylenia standardowe pięciu cech merystycznych wyłonionych w analizie dyskryminacyjnej najlepiej rozróżniających poszczególne populacje troci jeziorowej pochodzącej z badanych stad. Symbole cech podano zgodnie z Tabelą 2.



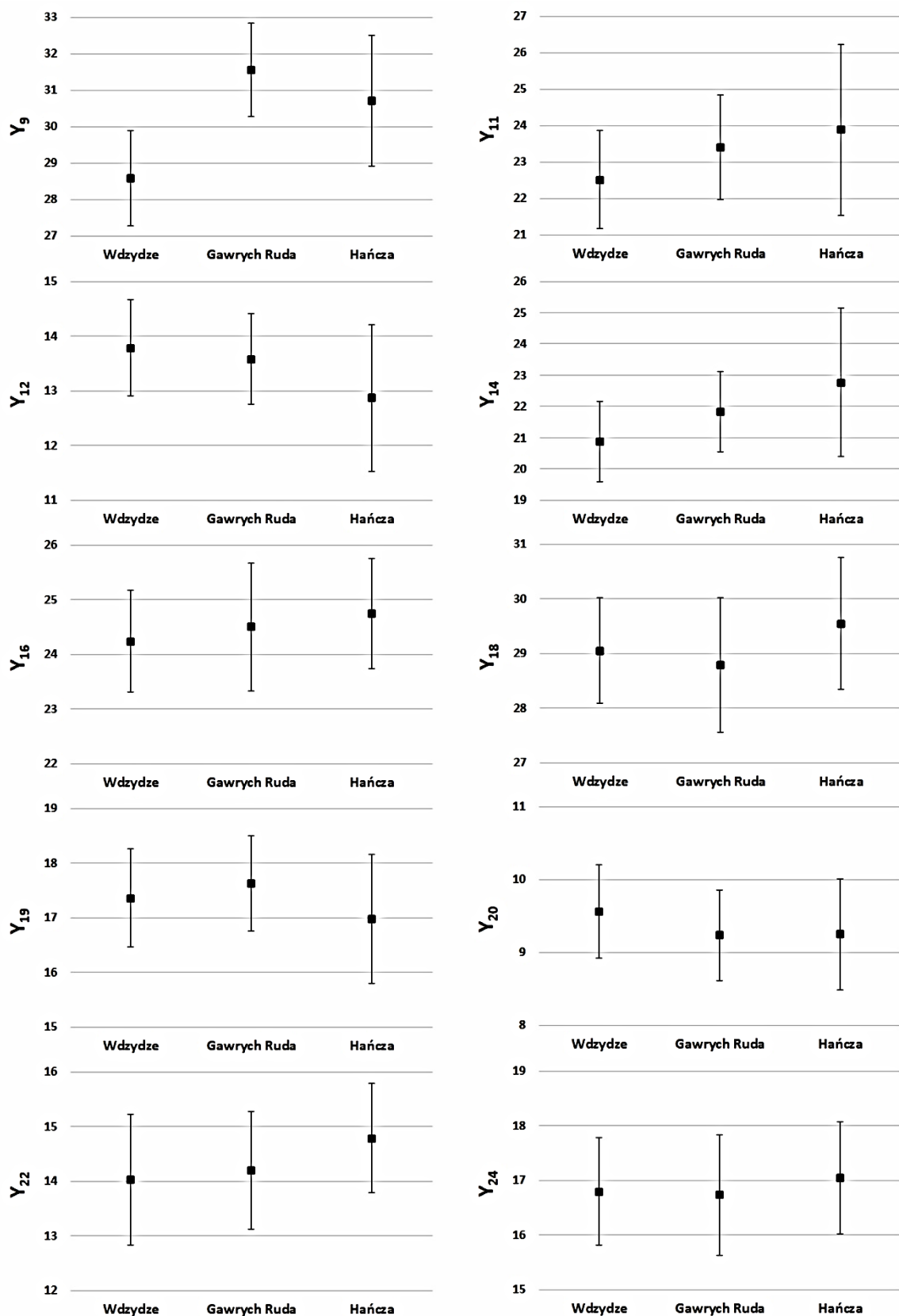
Rys.6. Wykres rozrzutu punktów reprezentujących poszczególne osobniki troci jeziiorowej z poszczególnych stad w układzie wyznaczonym przez dwie funkcje dyskryminacyjne dla cech merystycznych. GR – Gawrych Ruda, W – Wdzydze, H – Hańcza.



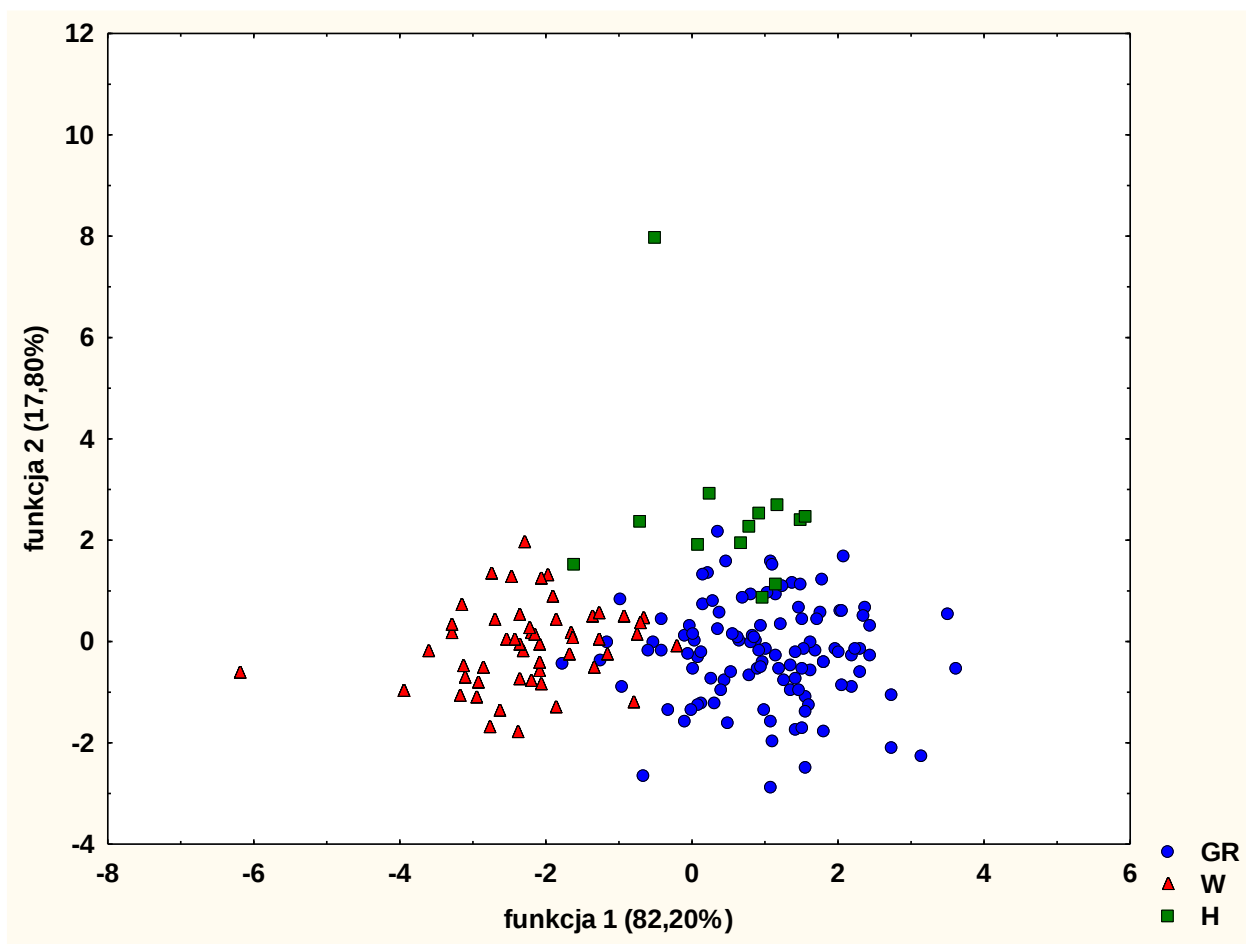
Rys. 7. Średnie i odchylenia standardowe dziewięciu cech biometrycznych (metoda Pravdina) wyłonięnych w analizie dyskryminacyjnej najlepiej rozróżniających poszczególne stada troci. Symbole cech podano zgodnie z Tabelą 3.



Rys.8. Wykres rozrzutu punktów reprezentujących poszczególne osobniki troci jeziorowej w układzie wyznaczonym przez pierwsze dwie funkcje dyskryminacyjne cech biometrycznych. GR – Gawrych Ruda, W – Wdzydze, H – Hańcza.



Rys. 9. Średnie i odchylenia standardowe dziesięciu cech biometrycznych (metoda „truss network”) wyłoniętych w analizie dyskryminacyjnej najlepiej rozróżniających poszczególne stada troci. Symbole cech podano zgodnie z Tabelą 5.



Rys.10. Wykres rozrzutu punktów reprezentujących poszczególne osobniki troci jeziiorowej z poszczególnych stad w układzie wyznaczonym przez dwie funkcje dyskryminacyjne dla cech biometrycznych (metoda „truss network”).
GR – Gawrych Ruda, W – Wdzydze, H – Hańcza.

10. Streszczenie

Troć (*Salmo trutta* L.) jest gatunkiem zaliczanym do rzędu ryb łososiokształnych (Salmoniformes), należącym do rodziny łososiowatych (Salmonidae). Jak większość ryb łososiowatych, troć wykazuje duże zróżnicowanie ekologiczne, głównie ze względu na bogactwo zajmowanych siedlisk, co czyni ją jednym z najbardziej plastycznych taksonów europejskiej ichtiofauny. U podstaw zróżnicowania ekologicznego troci leży wybór odpowiedniej strategii związany z migracją rozrodczą, a także docelowym środowiskiem jej bytowania. Troć jeziorowa jest jedną z kilku form środowiskowych tego gatunku, bytującą przez całe swoje życie w wodzie słodkiej, będącą jednocześnie stałym rezydentem danego zbiornika. Ryby te swoją strategię życiową obrały prawdopodobnie w odpowiedzi na naturalną izolację wód rzecznych i jeziornych powstałą na skutek ustępowania lądolodu. Słodkowodne formy troci pierwotnie tworzyły przypuszczalnie liczne, odrębne populacje, których zasięg występowania został znacznie ograniczony, głównie w wyniku działalności człowieka tworzącego bariery w przebiegu naturalnych sieci rzecznych oraz przyczyniającego się do postępującej eutrofizacji wód. Generalnie antropopresja i związane z nią zmiany środowiska, w tym postępujące ocieplenie klimatu, leżą u podstaw systematycznego ustępowania ryb łososiowatych z naszych wód, w tym także osiadłych form troci. Bez wątpienia konieczne są zatem działania związane z ochroną naturalnych siedlisk rzeczno-jeziornych troci, ograniczanie presji połowowej, walka z kłusownictwem oraz wspomaganie istniejących populacji zabiegami przynależnymi akwakulturze zachowawczej. Troć bytująca w jeziorze Wdzydze stanowi niewątpliwie unikalną w skali kraju zagrożoną wyginięciem, osiadłą formę tego gatunku. Od początku lat 90. XX wieku podjęto szereg działań ukierunkowanych na utrzymanie i odbudowę stada troci w kompleksie jezior Wdzydzkich. Dodatkowo, na przestrzeni dziesiątek lat dokonano, z różnym powodzeniem, wsiedleń wdzydzkiej troci jeziorowej zarówno do naturalnych, jak i sztucznych zbiorników. Transfery tego typu jak i prace hodowlane, zainicjowane w 1986 roku w Ośrodku Zarybieniowym PZW w Gawrych Rudzie miały na celu zabezpieczenie puli genowej autochtonicznej, osiadłej formy tego gatunku, oraz wyprodukowanie materiału zarybieniowego na potrzeby jej reintrodukcji do wód Suwalszczyzny, w których niegdyś występowała.

Konieczność adaptacji organizmu do nowych warunków środowiska życia powoduje zazwyczaj szereg zmian i przystosowań umożliwiających optymalne, a często

warunkujące prawidłowe, pod kątem fizjologicznym jego funkcjonowanie. Dostosowanie to jest wypadkową czasu i gradientu występującej zmiany, objawiającej się zazwyczaj różnicami poszczególnych cech morfometrycznych i merystycznych, które utożsamia się z tzw. fenotypową plastycznością organizmu, będącą wynikiem wzajemnego oddziaływania czynników genetycznych i środowiskowych. Ryby łososiowate charakteryzuje stosunkowo duża zmienność morfologiczna, która prawdopodobnie wynika z ich wrodzonej plastyczności fenotypowej. Specyficznym środowiskiem życia zwierząt są warunki, które stworzył człowiek wprowadzając, a następnie udoskonalając metody ich chowu i hodowli. Sztucznie stworzone środowisko powoduje, iż potrzeby adaptacyjne ryb są diametralnie różne niż te, które dotyczą dziko żyjących przedstawicieli tych samych gatunków. Dlatego też, ryby hodowlane wykazują niekiedy zupełnie odmienny fenotyp w porównaniu do ich dzikich odpowiedników.

W kontekście dużej plastyczności fenotypowej ryb łososiowatych, nasuwa się pytanie na ile zmiana środowiska bytowania troci jeziorowej oraz prowadzenie zabiegów hodowlanych mogły spowodować zmiany pokroju jej ciała. Istnieją bowiem przesłanki, że po przeszło dwudziestu latach hodowli troci wdzydzkiej w stawach Ośrodka w Gawrych Rudzie i ponownym wsiedleniu jej do naturalnego zbiornika, o odmiennej charakterystyce batymetrycznej i hydrologicznej, mogło dojść do tego typu zmian morfometrycznych.

Celem pracy była charakterystyka zróżnicowania morfometrycznego (cech merystycznych i biometrycznych), tempa wzrostu oraz wybranych wskaźników hodowlanych osobników należących do trzech stad troci jeziorowej: (1) autochtonicznego dla wód jeziora Wdzydze, (2) hodowlanego w Ośrodku PZW w Gawrych Rudzie a pochodzącego historycznie z jeziora Wdzydze oraz (3) bytującego w jeziorze Hańcza a pochodzącego z zarybień materiałem wyprodukowanym w Gawrych Rudzie. Dodatkowo wykonano wielowymiarową analizę danych morfometrycznych w celu określenia, które z badanych cech wykazują zróżnicowanie na poziomie umożliwiającym identyfikację troci pochodzących z tych trzech stad.

Analiza wyników przeprowadzonych badań dotyczących tempa wzrostu, charakterystyki morfometrycznej ciała oraz wybranych wskaźników hodowlanych troci jeziorowej pochodzącej z trzech badanych stad potwierdziła, iż troć jeziorowa charakteryzuje się dużą plastycznością fenotypową.

Zmiana środowiska jej bytowania z naturalnego na hodowlane skutkowała obserwowanymi różnicami w tempie wzrostu ryb, gdzie w pierwszych trzech latach życia trocie pochodzące ze stada utrzymywanego w Ośrodku PZW w Gawrych Rudzie rosły istotnie szybciej niż ryby należące do stad bytujących w jeziorach Wdzydze i Hańcza.

Spośród analizowanych 14 cech merystycznych największą zmiennością w obrębie badanych trzech stad troci charakteryzowała się liczba promieni twardych w płetwie grzbietowej. Z kolei największe zróżnicowanie między badanymi stadami wykazały cechy: liczba promieni twardych w płetwie grzbietowej, liczba promieni miękkich w płetwie piersiowej, liczba łusek na linii bocznej oraz liczba szeregów łusek od linii bocznej do płetwy grzbietowej.

W oparciu o zastosowaną metodę Prawdina ustalono, że wśród 19 cech biometrycznych największą zmiennością w obrębie badanych stad troci jeziorowej charakteryzowały się średnica oka oraz długość trzonu ogonowego, mierzona do nasady płetwy ogonowej. Do cech biometrycznych, które wykazywały największe zróżnicowanie między badanymi stadami zaliczyć należy te związane z pomiarami głowy tj.: jej długość boczna, przestrzeń zaoczna, jej wysokości mierzone przez źrenicę, przy tułowi i na końcu pokryw skrzelowych a także jej szerokość oraz te dotyczące pomiarów pokroju ciała tj.: długość przedgrzbietowa, długość mierzona od operculum do początku płetwy grzbietowej, długość przedanalna, długość od płetwy piersiowej do brzusznej oraz największa i najmniejsza wysokość ciała.

Należy podkreślić, iż wykonana wielowymiarowa analiza danych morfometrycznych, zwłaszcza w odniesieniu do cech biometrycznych pozwala z dużym prawdopodobieństwem określić, które z badanych cech wykazują zróżnicowanie na poziomie umożliwiającym identyfikację troci pochodzących z badanych stad, zwłaszcza w przypadku osobników bytujących w jeziorze Wdzydze i hodowlanych w Ośrodku PZW w Gawrych Rudzie.

W przypadku indeksów hodowlanych, wartości czterech z nich tj. K (współczynnik Fultona), G (indeks wygrzbiecenia), I (indeks masy na jednostkę długości) oraz T (udział procentowy tuszki w całkowitej masie ryby) różniły się istotnie między rybami należącymi do stada hodowlanego w Gawrych Rudzie a trociami bytującymi w jeziorze Wdzydze. Istotne różnice między stadami ryb pochodzących ze stawów w Gawrych Rudzie i z jeziora Hańcza dotyczyły natomiast średnich wartości trzech indeksów hodowlanych (I, T i F – udział procentowy fileta w całkowitej masie

ryby), a w przypadku troci pochodzących z obu jezior dwóch analizowanych wskaźników hodowlanych, czyli G i F.

Prawdopodobnie odnotowane zmiany wynikają z procesu udomowienia troci, który rozpoczął się ponad 20 lat temu w momencie zainicjowania typowych zabiegów hodowlanych w Ośrodku PZW w Gawrych Rudzie. Na bazie przeprowadzonych badań nie można jednoznacznie stwierdzić, czy ponowne wsiedlenie troci jezirowej do zbiornika naturalnego, jakim jest jezioro Hańcza, mogło uruchomić ponowny proces zmian morfometrycznych charakteryzujących pokrój ich ciała. Wiedza dotycząca braku naturalnej rekrutacji wsiedlonej troci w tym jeziorze oraz przede wszystkim mała liczebność analizowanych osobników uniemożliwia weryfikację tak postawionej hipotezy.

11. Summary

The brown trout (*Salmo trutta L.*) is a member of the family of Salmonids (Salmonidae), order of Salmoniformes. Like most salmonids, brown trout shows great ecological diversity, mainly due to the richness of its habitats, making it one of the most plastic taxa of the European ichthyofauna. At the base of the trout's ecological diversity is the choice of a life strategy adapted to its target habitat. The brown trout is one of several environmental morphs of this species, spending its entire life in freshwater, occupying permanently a particular reservoir. The species probably chose this strategy in response to the natural isolation of river and lake waters caused by the receding ice sheet. The freshwater species of trout must have originally formed numerous, distinct populations. Their range of occurrence has been significantly reduced, mainly because of human activity creating barriers to the course of natural waterway networks which contributed to their gradual eutrophication. Anthropoppression and related environmental changes, including progressive climate warming, have contributed significantly to the systematic depletion of salmonids in our waters, including the sedentary morphs of trout. It is necessary, therefore, to take action to protect the natural habitats of the freshwater brown trout by reducing fishing pressure, counteraction against poaching and supporting the existing fish populations with aquaculture conservation activities. The trout living in Lake Wdzydze is a unique, nationally endangered, sedentary form of this species. Since the early 1990s, several actions have been taken to maintain and restore the trout stock in the complex of Wdzydze lakes. Restocking the Wdzydze brown trout over the decades, into both natural and artificial reservoirs, have been conducted with a varying degree of success. Such transfers, as well as breeding efforts initiated in 1986 at the PZW Stocking Center in Gawrych Ruda, were aimed at securing the gene pool of the autochthonous, sedentary morph of this species by producing stocking material for its reintroduction into the waters of the Suwalszczyzna region, where it once thrived.

The need to adjust to the new living conditions usually results in a number of changes and adaptations that enable an organism to function optimally. This also concerns its physiology. Such adjustments are outcomes of a combination of the duration and gradient of the occurring change, usually manifested by differences in individual morphometric and meristic characteristics. These differences, resulting from the interaction of genetic and environmental factors, are used to determine the so-called

phenotypic plasticity of the organism. Salmonid fish are characterized by a relatively high morphological variability, which is probably associated with their natural phenotypic plasticity. The specific habitats of these animals are determined by man who created and then developed methods of their breeding and farming. The artificially created environments cause the adaptive needs of fish to be distinctly different from those of the wild representatives of the same species. Therefore, farmed fish sometimes show a completely different phenotype compared to their wild counterparts.

In the context of the high phenotypic plasticity of salmonids, the question arises as to how much the change in the habitat of lake trout and the conduct of breeding operations may have caused changes in its body conformation. Indeed, there are indications that after more than twenty years of breeding in the ponds of the Center in Gawrych Ruda and reintroducing them into a natural reservoir with different bathymetric and hydrological characteristics, such morphometric changes may have occurred in the Wdzydze trout.

The aim of the study was to characterize the morphometric variation (meristic and biometric traits), growth rate and selected breeding indicators of specimens belonging to three brown trout stocks: (1) those indigenous to the waters of Lake Wdzydze, (2) those reared at the PZW Center in Gawrych Ruda and historically derived from Lake Wdzydze, and (3) those residents in Lake Hańcza and derived from stocking with the material produced in Gawrych Ruda. In addition, a multivariate analysis of morphometric data was performed to determine which of the studied traits show variation at a level that allows to identification of the three stocks of brown trout.

The results of this study conducted on the growth rate, body morphometric characteristics and selected breeding indicators from the three studied stocks, has confirmed that brown trouts are characterized by a high phenotypic plasticity. The change of its habitat from natural to farmed resulted in observed differences in the growth rate of the fish. In the first three years of life, the trout from the stock maintained at the PZW Center in Gawrych Ruda grew significantly faster than the fish belonging to the stocks living in lakes Wdzydze or Hańcza.

Among the 14 meristic traits analyzed, the most variable feature within the three trout stocks studied was the number of hard rays in the dorsal fin. The traits that showed the greatest variation between the studied stocks were, in turn, the number of hard rays in the dorsal fin, the number of soft rays in the pectoral fin, the number of scales on the lateral line, and the number of rows of scales from the lateral line to the dorsal fin.

Based on the Pravdin method used, it has been determined that among the 19 biometric traits, the most varying within the brown trout stocks studied were eye diameter and caudal peduncle length, measured to the base of the caudal fin. The biometric traits that showed the greatest variation between the studied stocks included those related to head measurements, i.e.: lateral length, eye–operculum distance and its heights measured through the pupil, at the trunk and at the end of the gill covers, as well as its width, and those relating to body measurements, i.e.: pre-dorsal length, length measured from the operculum to the beginning of the dorsal fin, preanal length, length from the pectoral fin to the ventral fin, and the greatest and shortest height of the body.

It should be emphasized that the performed multivariate analysis of morphometric data, especially regarding biometric traits, allows to determine with high probability which of the studied traits show variation at a level that allows the identification of brown trout from the studied stocks, especially in the case of the fish staying in Lake Wdzydze and breeding in the PZW Centre in Gawrych Ruda.

In the case of breeding indices, the values of four of them, i.e. K (Fulton's factor), G (body depth factor), I (the weight-length index) and T (carcass in the total weight percentage) differed significantly between the fish belonging to the breeding stock in Gawrych Ruda and the trout living in Lake Wdzydze. However, significant differences between fish stocks from ponds in Gawrych Ruda and Lake Hańcza concerned the average values of three breeding indices (I, T and F - the percentage of fillet in the total weight of the fish), and in the case of brown trout from both lakes the two breeding indices analyzed, namely G and F.

Probably, the recorded changes are caused by the process of trout domestication, which began more than 20 years ago when typical breeding activities were initiated at the PZW Centre in Gawrych Ruda. Based on the research conducted, it is not possible to say unequivocally whether the reintroduction of brown trout into a natural reservoir such as Lake Hańcza could set in motion a renewed process of morphometric changes characterizing their body conformation. A lack of data on natural recruitment of the stocked brown trout in this lake, and above all, the low quantity of the analyzed specimens make it impossible to verify such hypothesis.