

## Linia wody – szczególne miejsce arenalu południowego Bałtyku dla wolnożyjących nicieni

Agata Taberska<sup>1\*</sup>, Joanna Rokicka-Praxmayer<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Zakład Ekologii Morza i Ochrony Środowiska, Wydział Nauk o Żywności i Rybactwa, Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie, ul. Kazimierza Królewicza 4, 71-550 Szczecin

\* Autor do korespondencji: [agata.taberska@zut.edu.pl](mailto:agata.taberska@zut.edu.pl)

### STRESZCZENIE

Praca przedstawia charakterystykę strukturalną i funkcjonalną zespołów nematofauny, zasiedlających osady na linii wody w południowym Bałtyku. Wolnożyjące nicienie oznaczono do rodzaju oraz określono ich strukturę troficzną. Zagęszczenie nematofauny na badanych stanowiskach wahało się od  $10,52 \pm 9,82$  osob./10 cm<sup>2</sup> do  $124,49 \pm 76,39$  osob./10 cm<sup>2</sup>. Najliczniej występowały nicienie z rodzaju *Ascolaimus*, stanowiąc od ok. 45% do 74% całkowitej liczebności nematofauny. Łącznie w okresie badań stwierdzono nematofaunę należącą do 7 rodzajów. Za zasadniczy element nematofauny zasiedlającej osady na linii wody uznano nicienie z rodzajów: *Ascolaimus*, *Axonolaimus*, *Enoplolaimus* i *Daptonema*. Pod względem funkcjonalnym dominowali nieselektywni osadożercy, osobniki z nieuzbrojoną torebką gębową, reprezentowane przez nicienie z rodzajów: *Ascolaimus*, *Axonolaimus*, *Theristus* i *Daptonema*.

**Słowa kluczowe:** nematofauna, bioróżnorodność, grupa troficzna, linia wody, arenal, Bałtyk

## Water line – a special place of the Southern Baltic Sea for free-living nematodes

### ABSTRACT

This paper presents the structural and functional characteristics of nematofauna assemblages inhabiting the sediments along the water line in the southern Baltic Sea. The nematodes were identified to the genus level and assigned to appropriate trophic group. The density of free-living nematoda varied from  $10.52 \pm 9.82$  ind./10 cm<sup>2</sup> to  $124.49 \pm 76.39$  ind./10 cm<sup>2</sup>. *Ascolaimus* was the most abundantly represented genus, accounting for from 45% to 74% of the total number of nematofauna. A total of 7 nematode genera were identified. *Ascolaimus*, *Axonolaimus*, *Enoplolaimus* and *Daptonema* were considered essential elements of nematofauna. In terms of functionality, non-selective deposit feeders were predominant, individuals with unarmed buccal cavity, represented by nematodes of the genera *Ascolaimus*, *Axonolaimus*, *Theristus* and *Daptonema*.

**Keywords:** nematofauna, biodiversity, trophic group, water line, beach, Baltic Sea

### WSTĘP

Polskie plaże to wąski pas wybrzeża o szerokości od kilku do 100 m i długości ok. 500 km [Węśławski i in. 2005, Gheskiere i in. 2002, Kotwicki i in. 2005]. Piaszczystą plażę tzw. arenal, pozornie jednorodną pod względem warunków środowiskowych charakteryzuje przestrzenna zmienność [Gheskiere i in. 2004, 2005a, 2005b, Kotwicki i in. 2007]. Odzwierciedleniem zmian warunków środowiskowych arenalu są zmiany w zagęszczeniu i

różnorodności organizmów bentosowych zasiedlających te biotopy [Gheskiere i in. 2004].

Ważnym elementem biocenoz arenalu południowego Bałtyku jest meiobentos, wielokomórkowe organizmy bezkręgowce przechodzące przez sito 1 mm (lub 0,50 mm) a zatrzymywane na sicie o oczku wielkości 0,032 mm. Znaczenie meiobentosu wynika z powszechnego występowania, wysokiej liczebności i tempa metabolizmu oraz roli w obiegu materii i energii, między innymi stymulacji produkcji mikroorganizmów i dostar-

czaniu pokarmu organizmom z wyższych poziomów troficznych [Giere 2009].

Meiobentos arenalu, wystawiony jest na gwałtowną zmianę wahań zasolenia, zawartości tlenu, pH a także wilgotności oraz dużych, dobowych wahań temperatury [Giere 2009]. Nieprzyjające dla szeregu mieszkańców piaszczystej plaży oprócz warunków fizyko-chemicznych mogą być także warunki troficzne. Świadczy o tym niska produkcja pierwotna i ograniczona dostępność składników odżywczych [McLachlan i Brown 2006].

Wolnożyjące nicienie, obok bentosowych widłonogów Harpacticoida i Turbellaria nierzadko są powszechnym i dominującym taksonem meiofauny arenalu południowego Bałtyku [Hałupka i in 2013; Gheskiere i in. 2004, 2005a, Kotwicki i in. 2007]. Zazwyczaj ich udział w ogólnej liczebności, w tych biotopach, waha się od 50% do ponad 90% [Giere 2009]. Cechą charakterystyczną Nematoda oprócz wysokiego udziału w ogólnej liczebności meiobentosu, jest również różnorodna pozycja troficzna. Ze względu na odmienną budowę torebki gębowej u nicieni, Wieser [1953] dokonał prostego podziału na cztery zasadnicze typy troficzne należące do dwóch grup, które odzwierciedlają sposób oraz rodzaj zjadanego przez nich pokarmu. Jedną grupę stanowią osobniki o nieuzbrojonej torebce gębowej, reprezentowane przez dwa typy troficzne: selektywnych (1A) i nieselektywnych osadożerców (1B). U nicieni z nieuzbrojoną torebką gębową pokarm najczęściej stanowią małe, miękkie cząstki detrytus. Główną cechą różnicującą selektywnych i nieselektywnych osadożerców jest wielkość torebki gębowej. Nieselektywni osadożercy posiadają znacznie większą jamę gębową aniżeli selektywni osadożercy, co zwiększa ich bazę pokarmową o mikrofitobentos, głównie okrzemki.

Drugą grupę stanowią nicienie z uzbrojoną torebką gębową. Posiadają one różnego rodzaju chitynowe struktury w postaci stwardnień i „zębów”. Zalicza się do nich dwa typy troficzne: zjadacze porośli (2A) i drapieżcy/wszystkożercy (2B). Zjadacze porośli posiadają drobne zęby oraz płytki, dzięki którym mogą zdrapywać oraz chwycić cząstki pokarmu przytwierdzone do ziarenek piasku. Ich pokarm w głównej mierze stanowią bakterie oraz okrzemki. Do typu drapieżców/wszystkożerców zaliczane są nicienie o dużej torebce gębowej zaopatrzonej w mocne zęby i haki, zdolne do rozdrabniania większych fragmentów pokarmu np. innych nicieni.

Organizmy meiobentosowe, w tym i nematofauna, wykorzystywane są jako bioindykatory, czułe i wrażliwe narzędzie do oceny stanu środowiska [Kennedy i Jacoby 1999, Schratzberger i in 2000]. Turystyka, w przeciwieństwie do innych gałęzi przemysłu, do niedawna uważana była za „tzw. czystą”, nie zagrażającą środowisku. Gheskiere i in. [2005b] zaobserwował jednak wyraźne różnice w zespołach nematofauny plaż o różnym stopniu/nasileniu ich użytkowania (plaże „dziewicze” vs. plaże o wzmożonym ruchu turystycznym). Polskie plaże rocznie odwiedza ok. 8 mln turystów [Węsławski i in 2005]. Pomimo niegasnącego zainteresowania funkcjonowaniem bałtyckich plaż [np.: Węsławski i in. 2005, Gheskiere i in. 2005a, 2005b, Kotwicki i in. 2007] - ekosystemu wrażliwego i poddanego silnej antropopresji, istnieją obszary warte uzupełnienia. Taką luką jest nematofauna zasiedlająca strefę linii wody w południowym Bałtyku.

Celem pracy było zobrazowanie struktury taksonomicznej i troficznej wolnożyjących nicieni arenalu południowego Bałtyku i próba wykorzystania przydatności tej grupy meiobentosu do oceny wpływu antropopresji.

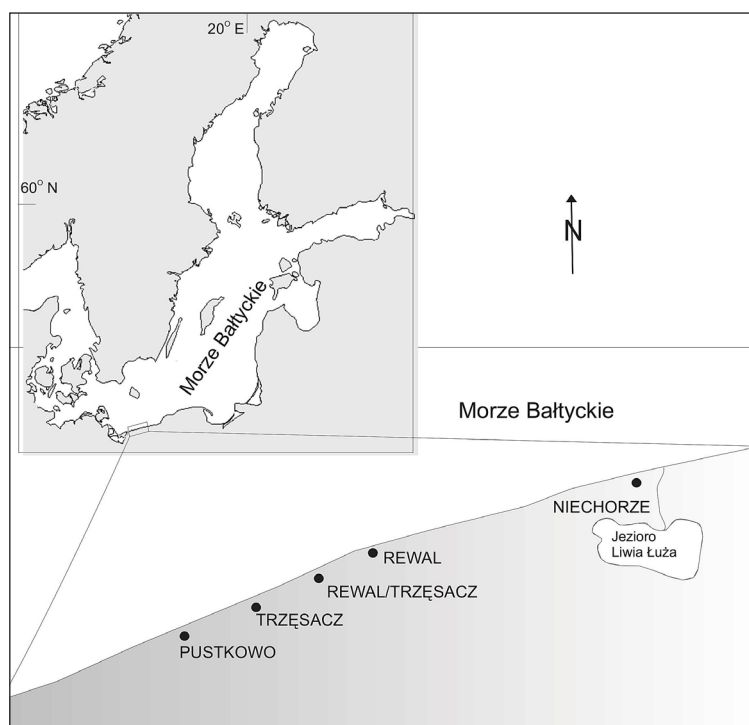
## REJON BADAŃ

Rejonem badań objęto fragment polskiego, otwartego wybrzeża południowego Bałtyku od miejscowości Niechorze do miejscowości Pustkowo (rys. 1).

Stanowiska poboru prób, uwzględniając różny stopień antropopresji (np. natężenie ruchu turystycznego, stopień przekształcenia plaż, obecność infrastruktury gastronomicznej, zanieczyszczenia stałe, organiczne itp.), podzielono na trzy kategorie: plaże o wysokim stopniu antropopresji (Niechorze – St. N), o średnim/umiarkowanym stopniu antropopresji (Rewal – St. R i Trzęsacz – St. T) oraz niskim stopniu antropopresji (stanowisko zlokalizowane pomiędzy miejscowością Rewal a Trzęsacz – St. R/T oraz plaża w Pustkowie – St. P). Charakterystykę poszczególnych stanowisk zestawiono w tabeli 1.

## MATERIAŁ I METODYKA

Próby osadu pobrano jednorazowo latem (czerwiec/lipiec) w 2011 r. na 5 stanowiskach zlokalizowanych na linii wody. Na każdym



Rys. 1. Lokalizacja stanowisk badawczych w południowym Bałtyku  
 Fig. 1. Location of sampling stations in southern Baltic

Tabela 1. Charakterystyka stanowisk badawczych (+ obecny; – nieobecny w podpróbie)  
 Table 1. Characteristics of sampling stations (+ present; – absent in sample)

Stanowisko	N	R	R/T	T	P
Szerokość geograficzna	54° 5' 53.08" N	54° 4' 57.49" N	54° 4' 48.95" N	54° 4' 40.94" N	54° 4' 14.28" N
Długość geograficzna	15° 5' 1.06" E	15° 0' 33.43" E	15° 0' 2.50" E	14° 59' 32.64" E	14° 57' 53.38" E
Średnia średnica ziarna [ø]	1,6482	1,5313	1,7575	1,0253	0,7501
Wskaźnik wysortowania osadu [ø]	0,572	0,7159	0,8036	0,9767	1.1667
Zawartość złomu muszlowego	---	++-	+++	+++	--+
Zawartość materii organicznej w osadzie [%]	0,12	0,21	0,16	0,13	0,12
Temperatura wody [°C]	17	17	18	18	19
Uwagi (zmiany wynikające z antropopresji)	plotki faszynowe, przystań rybacka, ujście z Jeziora Liwia Łuża, b. duże natężenie ruchu turystycznego	narzuty kamienne, plotki faszynowe, platforma widokowa przystań rybacka, duże natężenie ruchu turystycznego	obecność klifu, narzuty kamienne, średnie natężenie ruchu turystycznego	umocniony klif, narzuty kamienne, platforma widokowa, duże natężenie ruchu turystycznego	małe natężenie ruchu turystycznego
Stopień antropopresji	wysoki	średni	niski	średni	niski

stanowisku pobrano, rurką o długości 10 cm i średnicy 22 mm, po 9 rdzeni osadu; 3 rdzenie posłużyły do analizy biologicznej a pozostałe wykorzystano do przeprowadzenia analizy granulometrycznej i określenia zawartości materii organicznej w osadzie. Na miejscu część prób zakonserwowano 10% roztworem formaliny i zabarwiono różem bengalskim. Organizmy meiobentosowe oddzielano od osadu metodą wstrząsania i dekantacji [Elm-

gren i Radziejewska 1989]. Ze znalezionych w próbach wolnożyjących nicieni przygotowano preparaty stałe [Riemann 1988]. Nieuszkodzone osobniki oznaczono do rodzaju i określono ich przynależność troficzną. Do identyfikacji taksonomicznej posłużono się kluczami opracowanymi przez Platta i Warwicka [1983, 1988] oraz Warwicka i in. [1998], natomiast przynależność do grup troficznych określano według klasyfikacji Wiesera [1953].

Typ stałości występowania nematofauny analizowano na podstawie oceny frekwencji (taksony przypadkowe – frekwencja 0-25%, taksony akcesoryczne – 26-50%, taksony stałe – 51-75% i taksony absolutnie stałe powyżej 75%) [Tichler 1949, za Trojanem 1980].

Do interpretacji uzyskanych wyników wykorzystano matematyczne metody analizy wielu zmiennych (Analiza głównych składowych PCA – dane abiotyczne; skalowanie wielowymiarowe MDS – dane biotyczne) w oparciu o pakiet komputerowy PRIMER v5 [Clarke i Gorley 2001]. Dodatkowo obliczano wskaźniki biocenotyczne: równomierności (J) i różnorodności Shannona-Wienera (H').

## WYNIKI

Identyfikacja taksonomiczna wolnożyjących nicieni na wybranych stanowiskach arenalu południowego Bałtyku wykazała, że reprezentują one trzy rzędy, pięć rodzin i siedem rodzajów (tab. 2).

Taksonami absolutnie stałymi były nicienie z rodzajów: *Ascolaimus*, *Axonolaimus* oraz *Enoplolaimus*. Stałym taksonem była *Deptonema*, obecna na trzech stanowiskach. Pozostałe rodzaje nicieni występowały sporadycznie (tab. 3).

Zagęszczenie nematofauny na badanych stanowiskach wahało się od  $10,52 \pm 9,82$  osob./10 cm<sup>2</sup> (St. T) do  $124,49 \pm 76,39$  osob./10 cm<sup>2</sup> (St. N) (tab. 2). Najliczniej występowały nicienie z rodzaju *Ascolaimus* (tab. 2), stanowiąc od ok.

45% (St. R) do 74% (St. N) całkowitej liczebności nematofauny (tab. 3).

W okresie badań stwierdzono występowanie nematofauny należącej do trzech typów troficznych (rys. 2): nieselektywnych osadożerców (1B), zjadaczy porośli (2A) oraz drapieżców/wszystkożerców (2B).

Na każdym z badanych stanowisk, z wyjątkiem St. T, współwystępowały nicienie należące do dwóch typów troficznych: nieselektywnych osadożerców (1B) i drapieżców/wszystkożerców (2B). Pod względem funkcjonalnym wyraźnie dominowały osobniki z nieuzbrojoną torebką gębową (1B), reprezentowane przez nicienie z rodzajów: *Ascolaimus*, *Axonolaimus*, *Theristus* i *Daptonema* (tab. 3). Udział nieselektywnych osadożerców (1B) na poszczególnych stanowiskach wahał się od 50% (St. R) do 100% (St. T) (rys. 2).

Drapieżcy/wszystkożercy (2B) stanowiły od 10% (St. R/T) do 50% (St. R) całkowitej liczebności. Przedstawicielami z troficznego typu 2B były nicienie z rodzaju *Enoplolaimus* i *Oncholaimus* (stwierdzony wyłącznie na St. R) (tab. 2).

Nicienie z troficznego typu zjadaczy porośli (tutaj nicienie z rodzaju *Innocuonema*) stwierdzono wyłącznie na St. T, a ich udział wynosił zaledwie 5% całkowitej liczebności (rys. 2). Pod względem funkcjonalnym zespoły nematofauny wykazywały przestrzenną zmienność (rys. 3).

W rejonie objętym badaniami stwierdzono zróżnicowanie środowiska osadowego. Graficzne zestawienie wyników przedstawiono na rysunku 4a (analiza granulometryczna) i rysunku 4b (analiza PCA).

**Tabela 2.** Średnie zagęszczenie wolnożyjących nicieni (osob./10 cm<sup>2</sup> ± odch. stand.)

**Table 2.** Mean total densities (ind./10 cm<sup>2</sup> ± SD) of free-living nematodes

Rząd	Rodzina	Rodzaj	N	R	R/T	T	P
Monhysterida	Axonolaimidae	<i>Ascolaimus</i>	67,50 ± 30,82	8,77 ± 6,62	15,78 ± 5,26	5,26 ± 2,63	10,52 ± 7,89
		<i>Axonolaimus</i>	6,14 ± 3,04	0,88 ± 1,52	5,26 ± 2,63	0,88 ± 1,52	2,63 ± 4,56
	Xyalidae	<i>Theristus</i>	4,38 ± 3,04	-	-	-	-
		<i>Deptonema</i>	2,63 ± 2,63	-	2,63 ± 2,63	2,63 ± 2,63	-
Enoplida	Thoracostomopsidae	<i>Enoplolaimus</i>	10,52 ± 6,96	8,77 ± 1,52	2,63 ± 4,56	-	3,51 ± 1,52
	Oncholaimidae	<i>Oncholaimus</i>	-	0,88 ± 1,52	-	-	-
Chromadorida	Chromadoridae	<i>Innocuonema</i>	-	-	-	-	0,88 ± 1,52
Uszkodzone			33,31 ± 29,91	4,38 ± 4,02	6,14 ± 6,62	1,75 ± 3,04	8,77 ± 10,63
Suma			124,49 ± 76,39	23,67 ± 15,19	32,44 ± 21,69	10,52 ± 9,82	26,3 ± 26,11
S			5	4	4	3	4
J			0,56	0,72	0,79	0,82	0,77
H'			0,90	1,00	1,09	0,9	1,06

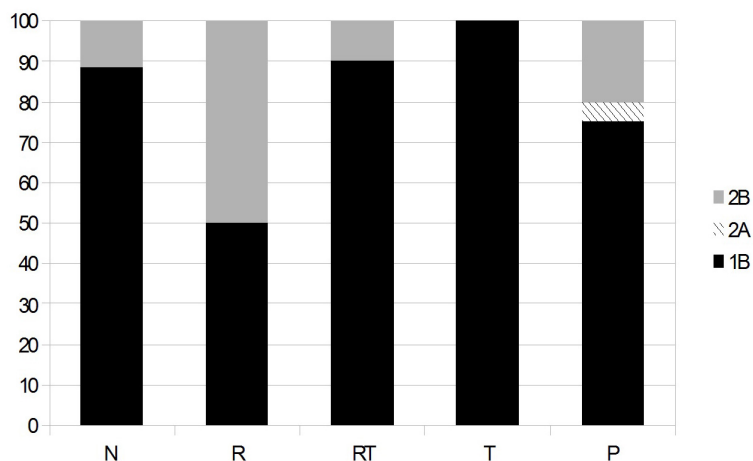
S – liczba rodzajów, J – wskaźnik równomierności, H' – wskaźnik ogólnej różnorodności Shannona-Wienera  
S – number of genus, J – Pielou's evenness, H' – diversity index Shannon-Wiener

**Tabela 3.** Udział procentowy wolnożyjących nicieni (%); grupa troficzna i frekwencja (F)  
**Table 3.** Relative abundance of free-living nematodes (%); trophic group and frequency (F)

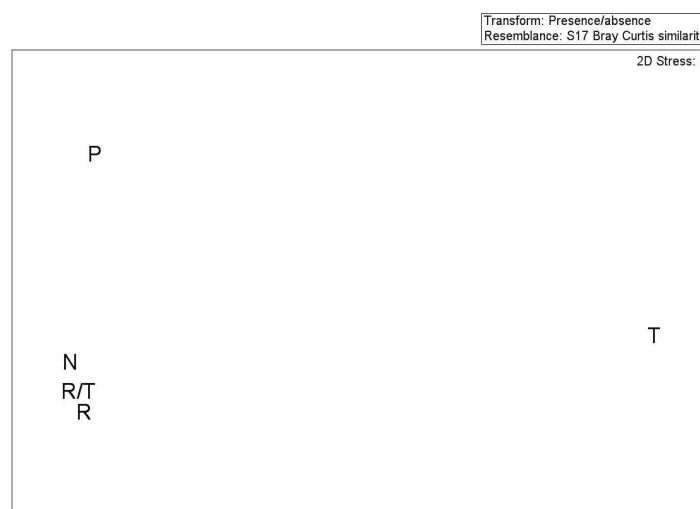
Rodzaj / stanowisko	Grupa troficzna	N	R	R/T	T	P	F
<i>Ascolaimus</i>	1B	74,04	45,55	60	60	60	absolutnie stały
<i>Axonolaimus</i>	1B	6,73	4,55	20	10	15	absolutnie stały
<i>Enoplolaimus</i>	2B	11,54	45,45	10	0	20	absolutnie stały
<i>Oncholaimus</i>	2B	0	4,55	0	0	0	przypadkowy
<i>Innocuomena</i>	2A	0	0	0	0	5	przypadkowy
<i>Theristus</i>	1B	4,81	0	0	0	0	przypadkowy
<i>Deptonema</i>	1B	2,8	0	10	30	0	stały
Suma		100	100	100	100	100	

Grupa troficzna: 1A selektywni osadożercy; 1B nieselektywni osadożercy; 2A zjadacze porośli; 2B wszytokożercy/drapieżcy

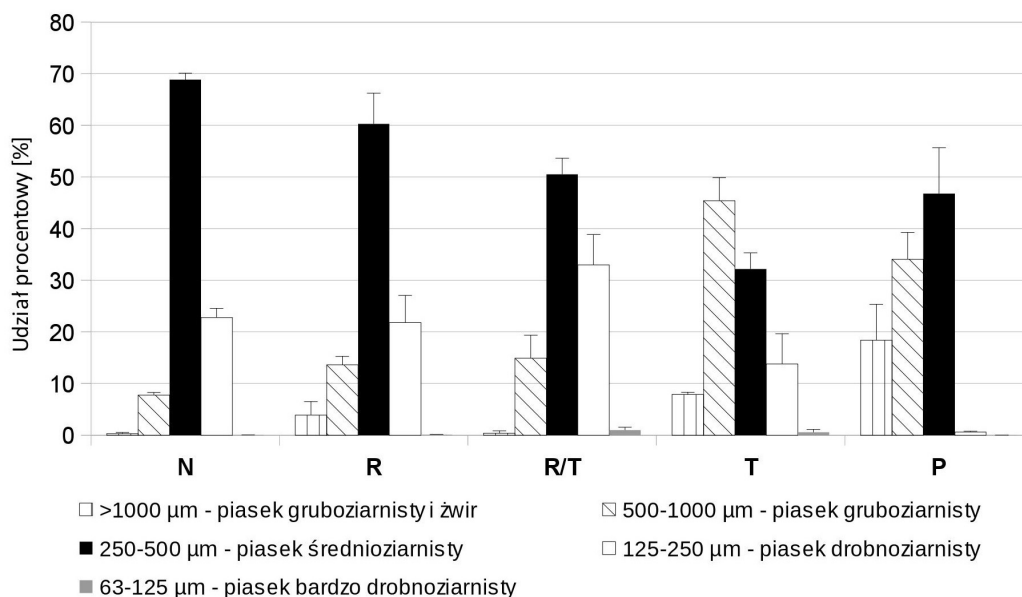
Trophic group: 1A: selective deposit feeders; 1B: non-selective deposit feeders; 2A: epistrate feeders and 2B: predators/omnivivor



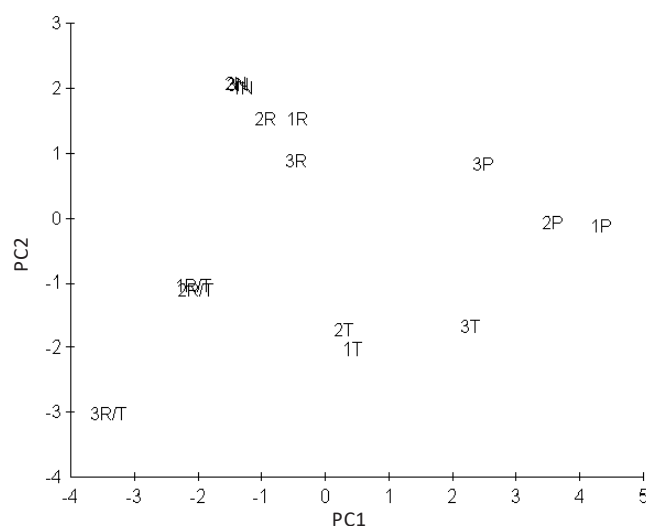
**Rys. 2.** Struktura troficzna wolnożyjących nicieni  
 2B- drapieżcy/wszystkożercy; 2A- zjadacze porośli; 1B- nieselektywni osadożercy  
**Fig. 2.** Trophic structure of the free-living nematodes  
 2B- predators/omnivores; 2A- epistrate feeders; 1B- non-selective deposit feeders



**Rys. 3.** Podobieństwo struktury troficznej nematofauny, uzyskany w wyniku skalowania wielowymiarowego (MDS). Dane transformowane; rodzaj transformacji: obecny/ nieobecny  
**Fig. 3.** MDS plots of nematode trophic group. Transformed data; Type of transformation: presence/ absence



**Rys. 4a** Charakterystyka środowiska osadowego  
**Fig. 4a.** Characteristics of the sediment environment



**Rys. 4b.** Diagram analizy głównych składowych (PCA)  
**Fig. 4b.** Principal Components Analysis diagram (PCA)

## DYSKUSJA

Stefa linii wody w odróżnieniu od innych stref arenału (górną i środkową strefę) jest środowiskiem specyficznym [Olańczuk-Neyman i Jankowska 1998, Urban-Malinga i Opaliński 2001, Urban-Malinga i Wiktor 2003]. Parametry fizyko-chemiczne na linii wody tj. średnia średnica ziarna, porowatość, przepuszczalność, wielkość przestrzeni interstycjalnych i szybkość dyfuzji tlenu charakteryzują się wartościami najwyższymi [Jansson 1968]. Natomiast średnia roczna zawartość chlorofilu *a* i produkcja pierwotna netto w osadzie na linii

wody są na ogół najniższe [Urban-Malinga i Wiktor 2003].

Zagęszczenie nematofauny zasiedlającej osady na linii wody w południowym Bałtyku (Rys. 1) było niskie ale mieściło się w zakresie wielkości notowanych dla plaż bałtyckich [Gheskhiere i in. 2005a, 2005b] oraz plaż z wyższych szerokości geograficznych [Kotwicki i in. 2005]. Liczba rodzajów nematofauny stwierdzona na linii wody (od 3 do 5), w porównaniu z bogactwem rodzajowym dotychczas notowanym na bałtyckich plażach, bez względu na strefę: górną, środkową czy dolną, była niższa. Niewielkie zagęszczenie i bioróżnorodność nematofauny bałtyckich

plaż, w odróżnieniu od plaż mórz pełnomorskich, Gherskiere i in. [2005a] tłumaczył warunkami klimatycznymi i niskim zasoleniem. Obszar badań ograniczony do niewielkiego fragmentu arenalu czy w końcu samo miejsce poboru prób (linia wody) mógł wpłynąć na niedoszacowanie nematofauny (zagęszczenie i bioróżnorodność). Gherskiere i in. [2004] zwrócił uwagę na ryzyko niedoszacowania wolnożyjących nicieni w osadach gruboziarnistych, gdzie ze względu na dobre warunki tlenowe nicienie mogą penetrować osady znacznie głębiej. W prezentowanej pracy występował osad średnio- (stanowiska: N, R, R/T) i gruboziarnisty (stanowiska: T, P). Powszechnie stosowana, i zastosowana również w prezentowanej pracy, metodyka poboru prób (rdzeń osadu max do głębokości 10 cm) mogła ograniczyć pobranie organizmów zagrzebanych głębiej. Obfitszą i bardziej zróżnicowaną pod względem taksonomicznym nematofaunę Gherskiere i in. [2005a] stwierdził w górnej strefie arenalu (plaża w Helu). Wyższą bioróżnorodność nematofauny górnej plaży, traktowanej jako strefa przejściowa (ekoton) między ekosystemem lądowym i morskim Gherskiere i in. [2005a] tłumaczył koegzystencją gatunków typowo lądowych i typowo morskich. Dla porównania w przybrzeżnej strefie litoralu południowego Bałtyku (do głębokości 1,5m) Urban-Malinaga i in. [2006] zanotowała nematofaunę należącą do 30 rodzajów, wśród których dominowały nicienie z rodzajów: *Ascolaimus*, *Axonolaimus*, *Enoplolaimus* i *Daptonema*. Za zasadniczy element nematofauny zasiedlającej osady na linii wody, z uwagi na stałość występowania (tab. 3), uznano nicienie z rodzajów: *Ascolaimus*, *Axonolaimus*, *Enoplolaimus* i *Daptonema*.

Rodzaj osadu wydaje się być kluczowym czynnikiem różnicującym zespoły wolnożyjących nicieni [Heip i in. 1985]. Chociaż stanowiska na linii wody różniły się środowiskiem osadowym (tab. 1, rys. 4a i 4b) to nie zauważono wyraźnych różnic w zagęszczeniu i liczbie taksonów nematofauny. Powszechnie przyjęta opinia o osadach gruboziarnistych skupiających bardziej różnorodne i mniej liczne zespoły nematofauny [Giere 2009, McLachlan i Brown 2006] w prezentowanej pracy potwierdziła się tylko częściowo. W osadach gruboziarnistych (St. T) co prawda zaobserwowano nematofaunę o najniższym zagęszczeniu (ok. 10 osob./10 cm<sup>2</sup>) ale liczba taksonów nie tylko nie odbiegała od tych jakie stwierdzono na pozostałych stanowiskach, ale była najmniejsza jaką zanotowano w okresie badań (3 rodzaje).

Na linii wody oprócz niestabilnych warunków fizyko-chemicznych Jędrzejczak [1999] zaobserwował szybsze tempo rozkładu materii organicznej. Zawartość materii organicznej obecnej w postaci drobnych cząstek zawieszonych w wodzie interstycjalnej (POM) oraz jako związki organiczne rozpuszczone w wodzie (DOM) decydują o zasobnościach pokarmowych organizmów korzystających z tego źródła pokarmu, w tym i wolnożyjących nicieni [Rokicka-Praxmayer i Radziejewska 2002]. Zawartość materii organicznej na plaży jest na ogół niewielka [Urban-Malinaga i Opaliński 2001], co potwierdziły badania własne (0,12-0,21%). Są to wartości nieodbiegające od wartości stwierdzonych dla plaż z różnych rejonów wybrzeża bałtyckiego. Urban-Malinaga i Opaliński [2001] zauważyli wyraźną czasową i przestrzenną zmienność zawartości materii organicznej na profilu plaży. Latem zawartość materii organicznej na linii wody, z powodu akumulacji wyrzuconych na brzeg makroglonów [Urban-Malinaga i Wiktor 2003] bywa wyższa niż w innych strefach arenalu [Urban-Malinaga i Opaliński 2001]. Rozkładowi glonów towarzyszy koncentracja bakterii, zwykle większa, nawet o dwa rzędy, niż w osadach pozbawionych makroglonów [Urban-Malinaga i Burska 2009].

Udział nicieni z poszczególnych typów troficznych zależy od dostępności preferowanego przez nie pokarmu. Pod względem funkcjonalnym plaże zdominowane są przez nieselektywnych osadożerców (1B) [Gherskiere i in. 2005a, 2005b]. Dominację nicieni z dużą, nieuzbrojoną torebką głębową (1B) stwierdzono także na linii wody. Nicienie z grupy 1B powszechnie notowane są także w rejonach przybrzeżnych [Pallo i in. 1998, Urban-Malinaga i in. 2006], w rejonie bezpośredniego oddziaływania wód rzecznych [Rokicka-Praxmayer i Radziejewska 2002] i w sublitoralu [Szulwiński in. 2001]. Z uwagi na preferencje pokarmowe nieselektywnych osadożerców (1B) szczególnie licznie notowane są w miejscach z intensywnymi procesami rozkładu i wysoką produkcją mikrobiologiczną [Platt i Warwick 1983, Bouwman i in. 1984]. Dominację nicieni z rodzajów: *Ascolaimus*, *Axonolaimus*, *Theristus* i *Daptonema* (grupa 1B) można tłumaczyć stwierdzonym latem w południowym Bałtyku na linii wody najwyższym zagęszczeniem bakterii saprofitycznych [Olańczuk-Neyman i Jankowska 1998]. Vanhove i in. [1999] zwrócił także uwagę na wyraźną korelację nieselektywnych osadożerców z zawartością świeżej materii organicznej.

Kumulacja POM, dodatkowe źródło pokarmu osadożernych nicieni (1A i 1B), w przestrzeniach interstycjalnych na linii wody, z powodu falowania, turbulencji osadów i ewentualnego wypłukiwania drobniejszych frakcji, może być utrudniona. Konkurencja o ograniczony, zwłaszcza dla selektywnych osadożerców z powodu mniejszych rozmiarów torebki gębowej, pokarm może ograniczyć ich występowanie na linii wody. Selektywni osadożercy (1A) na piaszczystych plażach na ogół występują sporadycznie [Gheskiere i in. 2004; Hua i in. 2016] a na linii wody nie stwierdzono ich wcale (badania własne).

W cieplejszych miesiącach roku Alongi [1986] zaobserwował dominację zdrapywaczy porośli (2A), tłumacząc to intensywnym rozwojem, bakterii, pierwotniaków a zwłaszcza mikrofitobentosu, ich głównego źródła pokarmu. Gheskiere i in. [2005a] natomiast wysokie zagęszczenie zdrapywaczy porośli tłumaczył preferencjami środowiskowymi, uznając za optymalne osady gruboziarniste, z dużą zawartością złomu muszlowego i wysokim udziałem materii organicznej. Nicienie z grupy 2A, pomimo ciepłego miesiąca, średnio- i gruboziarnistych osadów z domieszką fragmentów muszli, na linii wody nie występowały obficie (tab. 2). Nie można wykluczyć, że silna resuspensja powierzchniowej warstwy osadów, utrudnia zasiedlanie dynamicznych siedlisk przez mikrofitobentos, głównie okrzemki [de Jonge i van Beusekom 1995]. Niską biomasę mikrofitobentosu na linii wody w południowym Bałtyku stwierdziła Urban-Malinga i Wiktor [2003].

Dla drapieżców/wszystkożerców (2B) o zróżnicowanych nawykach żywieniowych i różnych źródłach pokarmu, warunki troficzne w osadach na linii wody wydają się być korzystne. W okresie juvenilnym pobierają rozpuszczoną materię organiczną (DOM) powstałą w wyniku aktywności bakterii a jako dorosłe, starsze osobniki żywią się szczątkami zwierząt wielokomórkowych (np. *Oncholaimus*) lub innymi nicieniami (np. *Enoplolaimus*) [Jensen 1987]. Szulwiński i in [2001], zauważył, że różnorodność troficzna nematofauny zmienia się wraz z typem osadów. Drapieżcy/wszystkożercy zazwyczaj obficie występują w osadach o grubszej granulacji. Takiej zależności nie zaobserwowano na linii wody (rys. 2).

Gheskiere i in. [2005b] zaobserwował wyraźne różnice w zespołach nematofauny (bióróżnorodność, zagęszczenie, struktura troficzna) na plażach poddanych w różnym stopniu antropresji. Różnice szczególnie wyraźne były w

górnjej strefie plaży i wynikały m.in. z dostępności pokarmu tj. materii organicznej. Człowiek na plaży powoduje mechanicznie rozcieranie (wstępną obróbkę) materii organicznej zawartej w przestrzeniach interstycjalnych, przyspiesza jej rozkład [Urban-Malinga i Opaliński 2002] i czyni łatwiej dostępną dla meiofauny. Mechaniczne usuwanie z „turystycznych” plaż materii organicznej zuboża osady pozbawiając nematofaunę potencjalnego źródła pokarmu [Gheskiere i in. 2005b]. Aktualnie na mocy Dyrektywy Siedliskowej materia organiczna w postaci zalegających wzdłuż wybrzeży glonów, roślinność naczyniowa pochodzenia morskiego a także obumarła roślinność pochodzenia lądowego, ze względu na rolę jaką odgrywa w arenalu, w krajach Unii Europejskiej objęta została ochroną (siedlisko 1210). Bezpośrednie działania związane z adaptacją plaż na użytek turystów na linii wody są ograniczone i w związku z tym mniej dla zasiedlających te miejsca organizmów meiobentosowych odczuwalne. Na stanowisku w Niechorzu (wysoki stopień antropresji) stwierdzono jedynie duży odsetek mechanicznie uszkodzonych nicieni (ok. 33 osob./10 cm<sup>2</sup>) (tab. 1).

## PODSUMOWANIE

Dynamiczne siedliska jakim są osady na linii wody, w południowym Bałtyku, zasiedlała uboga pod względem różnorodności i zagęszczenia nematofauna. Spośród nielicznie występujących nicieni pod względem funkcjonalnym, dominowali nieselektywni osadożercy, zwłaszcza nicienie z rodzaju *Ascolaimus*, pospolicie notowane także w innych strefach arenalu.

## LITERATURA

1. Alongi D.M. 1986. Population structure and trophic composition of the free living nematodes inhabiting carbonate sands of Davies Reef, Great Barrier Reef, Australia. Aust. J. Fresh. Res., 37, 609-617.
2. Bouwman L.A., Romeyn K., Kremer D.R., van Es F.B. 1984. Occurrence and feeding biology of some nematode species in estuarine aufwuchscommunities. Cah. Biol. Mar., 25, 287-303.
3. Clarke K. R. and Gorley R. N. 2001. PRIMER v5: User manual/tutorial. PRIMER-E, Plymouth, UK, 91.
4. de Jonge V.N., van Beusekom J. 1995. Wind- and tide-induced resuspension of sediment and micro-



- phytobenthos from tidal flats in the Ems Estuary, *Limnol. Oceanogr.*, 40(4), 766–778.
5. Elmgren R., Radziejewska T. 1989. Recommendations for quantitative benthic meiofauna studies in the Baltic. *Baltic. Mar. Biol. Publ.*, 12, 1-23.
  6. Gheskiere T., Hoste E., Kotwicki L., Degraer S., Vanaverbeke J. and Vincx M. 2002. The sandy beach meiofauna and free-living nematodes from De Panne (Belgium). *Biologie*, 72, 43-49.
  7. Gheskiere T., Hoste E., Vanaverbeke J., Vincx M. and Degraer S. 2004. Horizontal zonation patterns and feeding structure of marine nematode assemblages on a macrotidal, ultra-dissipative sandy beach De Panne, Belgium. *Journal of Sea Research*, 52, 211–226.
  8. Gheskiere T., Vincx M., Urban-Malinga, B., Rossano C., Scapini F. and Degraer S. 2005a Nematodes from wave-dominated sandy beaches: diversity, zonation patterns and testing of the iso-communities concept. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 62, 365-375.
  9. Gheskiere T., Vincx M., Weslawski J.M., Scapini, F. C. and Degraer, S. (2005b) Meiofauna as descriptor of tourism-induced changes at sandy beaches. *Marine Environmental Research.*, 60, 245-265.
  10. Giere O. 2009. *Meiobenthology. The microscopic motile fauna of aquatic sediments.* Springer Verlag, Berlin.
  11. Hałupka M., Rokicka-Praxmajer J., Taberska A. 2012. Psammon wybranych plaż Południowego Bałtyku. *Młodzi naukowcy dla polskiej nauki Część VIII - Nauki przyrodnicze Tom V - Redakcja: dr inż. Marcin Kuczera*, 162-171.
  12. Heip C., Vincx M. And Vranken G. 1985. The ecology of marine nematodes. *Oceanography and Marine Biology. An Annual Review*, 23, 399–489.
  13. Hua E., Mu F., Zhang Z., Yang S., Zhang T., Li J. 2016. Nematode Community Structure and Diversity Pattern in Sandy Beaches of Qingdao, China. *J. Ocean Univ. China*, 15, 33-40.
  14. Jansson B.O. 1968. Quantitative and experimental studies of the interstitial fauna in four Swedish sandy beaches, *Ophelia*, 5, 1–71.
  15. Jensen P. 1992. Predatory nematodes from the deep-sea: description of species from the Norwegian Sea, diversity of feeding types and geographical distribution. *Cah. Biol. Mar.*, 33, 1-23.
  16. Jędrzejczak M.F. 1999. The degradation of stranded carrion on a Baltic Sea sandy beach. *Oceanol. Stud.*, 28(3)–(4), 109–141.
  17. Kennedy A. D. and Jacoby C. A. 1999. Biological indicators of marine environmental health: meiofauna – a neglected benthic component. *Environmental Monitoring and Assessment*, 54, 47–68.
  18. Kotwicki L., De Troch M., Urban-Malinga B., Gheskiere T. and Weslawski J.M. 2005. Horizontal and vertical distribution of meiofauna on sandy beaches of the North Sea (The Netherlands, Belgium, France). *Helgoland Mar. Res.*, 59, 255-264.
  19. Kotwicki L., Węśławski J. M., Grzelak K., Wiktor J., Zajączkowski M. 2007. *Island Biogeography Theory In Coastal Ecosystem Protection: The Baltic Sandy Shores.* Coastline Reports 8, 257-263.
  20. McLachlan A., Brown A. C. 2006. *The ecology of sandy shores.* Acad. Press NY.
  21. Olańczuk-Neyman K., Jankowska K. 1998. Bacteriological investigations of the sandy beach ecosystem in Sopot. *Oceanologia*, 40(2), 137–151.
  22. Pallo P., Widbom B., Olafsson E., 1998: A quantitative survey of the benthic meiofauna in the Gulf of Riga (Eastern Baltic Sea), with special reference to the structure of nematode assemblages. *Ophelia*, 49(2), 117-139.
  23. Platt H. M., Warwick R. M. 1983. *Free-living Marine Nematodes. Part I British Enoplids,* Cambridge University Press.
  24. Platt H. M., Warwick R. M. 1988. *Free-living Marine Nematodes. Part II British Chromadorids,* E. J. Brill/ Dr. W. Backhuys.
  25. Riemann F. 1988. *Nematoda.* W: Higgins R. P., Thiel H. (red.), *Introduction to the study of meiofauna.* Smiths. Inst. Press, Washington, 293-301.
  26. Rokicka-Praxmajer J., Radziejewska T., Dworzak H. 1998. Meiobenthic communities of the Pomeranian Bay (southern Baltic): effects of proximity to river discharge. *Oceanologia* 40(3), 243-260.
  27. Rokicka-Praxmajer J., Radziejewska T. 2002. Free living nematodes of the Pomeranian Bay (Southern Baltic). Part 1. A preliminary analysis of the nematode variability in an area affected by direct river runoff. *Acta Scien. Pol. Piscaria*, 1(2), 85-104.
  28. Schratzberger M., Gee J M., Rees H L., et al. 2000. The structure and taxonomic composition of sublittoral meiofauna assemblages as an indicator of the status of marine environments. *Journal of the Marine Biological Association of the UK*, 80(6), 969–980.
  29. Szulwiński M., Radziejewska T., Drgas A. 2001. Trophic structure of free-living nematode assemblages along a southern Baltic transect. *Folia Universitatis Agriculturae Stetinensis* 28, 141–150.
  30. Trojan P. 1992. *Analiza struktury fauny.* Memorabilia Zool. 47, Warszawa.
  31. Warwick R.M., Platt H.M., Somerfield P.J. 1998. *Free-living marine nematodes. Part III. Monhysterids,* Field Studies Council, Shrewsbury.
  32. Wieser W., Teal J. 1966. The distribution and ecology of nematodes in Georgia Salt Marsh. *Limnol. Oceanogr.*, 11, 217-222.
  33. Węśławski J. M., Szymelfenig M., Urbański J.

2005. Plaża - przewodnik użytkownika. Centre of Excellence for Shelf Seas Science, Sopot.
34. Vanhove S., Arntz W., Vincx M. 1999. Comparative study of the nematode communities on the southeastern Weddell Sea shelf and slope (Antarctica), *Mar. Ecol.-Prog. Ser.*, 181, 237–256.
35. Urban-Malinga B., Opaliński W. 2001. Interstitial community oxygen consumption in a Baltic sandy beach: horizontal zonation. *Oceanologia*, 43(4), 455–468.
36. Urban-Malinga B., Opaliński K.W. 2002. Seasonal changes of interstitial community respiration in a Baltic sandy beach, *Oceanol. Stud.*, 31(3)–(4), 57–70.
37. Urban–Malinga B., Wiktor J. 2003. Microphytobenthic primary production along a non-tidal sandy beach gradient: an annual study from the Baltic Sea. *Oceanologia*, 45 (4), 705-720.
38. Urban–Malinga B., Hedtkamp S.I.C., van Beusekom J. E.E., Wiktor J., Węśławski J.M. 2006. Comparison of nematode communities in Baltic and North Sea sublittoral, permeable sands e Diversity and environmental control. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* xx, 1-15.
39. Urban-Malinga B., Burska D. 2009. The colonization of macroalgal wrack by the meiofauna in the Arctic intertidal. *Estuar. Coast. Shelf S.*, 85, 666–670.