

Beata Rosińska², Juliusz C. Chojnacki¹, Karolina Klej³,
Monika Kowalewska³, Joanna Polońska³

STRUKTURY EKOLOGICZNE ZESPOŁU MAKROFAULINGU WSCHODNIEGO WYBRZEŻA ZATOKI POMORSKIEJ (POŁUDNIOWY BAŁTYK) W 2008 ROKU NA PODŁOŻACH ANTROPOGENICZNYCH

Streszczenie. W roku 2008 prowadzono obserwacje nad zgrupowaniami organizmów poroślowych Zatoki Pomorskiej. Wyznaczono stanowiska w Międzyzdrojach, Niechorzu oraz Kołobrzegu. Próbkę organizmów pobierano z filarów moła, ostróg oraz gwiazdobloków z falochronów w każdej miejscowości. Materiał biologiczny pobrano wiosną (11 maja 2008), latem (27 lipca 2008) oraz wczesną jesienią (14 września 2008). Dokonano analizy jakościowej i ilościowej zebranych organizmów bezkręgowych.

Słowa kluczowe: makrofauling, Południowy Bałtyk, Zatoka Pomorska, podłoża antropogeniczne.

WSTĘP

Organizmy poroślowe (peryfiton) po raz pierwszy opisano w literaturze limnologicznej, określając jako *Aufwuchs* (Seligo, 1905, cyt. za [28]). Początkowo badania peryfitonu obejmowały głównie jeziora i stawy: Gurzęda [14], Bohr i Giziński [1], Szczepańska [29], Kornijów i Ścibior [16], Pieczyńska [23] i inni. Studia nad porastaniem przez peryfiton sztucznych podłoży prowadzili m.in.: Sládečková [26], Soszka [27, 28], Gerrish i Bristow [13], Edgar i Klumpp [12], Schreider i in. [25]. Porastaniem sztucznych podłoży w Polsce zajmowali się m.in.: Szlauer [30], a substratami strefy morskiej Piesik [24], wraz z utworzeniem instalacji eksperymentalnej w morzu Chojnacki [2, 3]. Zjawisko obrastania nabrzeży i umocnień portowych w literaturze światowej opisali m.in.: Miller [19], Mommsen [20], Qvarfordt i in. [21].

Peryfiton, porastając konstrukcje hydrotechniczne zanurzone w wodzie czy też kadłuby statków, może przyczyniać się do dużych strat ekonomicznych. Współczesna literatura zjawisko to określa jako „*marine biofouling*” [7, 8]. Badania nad organi-

¹ Zakład Ekologii Morza i Ochrony Środowiska, Wydział Nauk o Żywności i Rybactwa, Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie, 71-550 Szczecin, ul. Kazimierza Królewicza 4/13, e-mail: juliusz.chojnacki@zut.edu.pl

² Doktorantka w Zakładzie Ekologii Morza i Ochrony Środowiska.

³ Dyplomantka w Zakładzie Ekologii Morza i Ochrony Środowiska.

zmami poroślowymi i ich biologią ukierunkowane są głównie na aspekty techniczne związane z przeciwdziałaniem porastania statków i konstrukcji hydrotechnicznych zanurzonych w wodzie.

Głównym celem niniejszej pracy było określenie struktury jakościowej makrofau-ny poroślowej na wybranych antropogenicznych podłożach w Kołobrzegu, Niechorzu i Międzyzdrojach w sezonie wegetacyjnym (w miesiącach: maj, lipiec i wrzesień 2008 roku) w strefie przybrzeżnej wód Bałtyku.

MATERIAŁ I METODY

Teren badań stanowiła strefa przybrzeżna Zatoki Pomorskiej (Morze Bałtyckie) w rejonie trzech miejscowości: Międzyzdroje, Niechorze oraz Kołobrzeg. Materiał przeznaczony do badań stanowiły próbki organizmów poroślowych pobieranych z różnego rodzaju podłoża: ostrogi (drewno) oraz filary molo (metal bądź beton) – we wszystkich rejonach, gwiazdobluki falochronów (beton) – dodatkowo w Kołobrzegu oraz Niechorzu. Wyznaczone stanowiska określono skrótami:

- OM – drewniane ostrogi w miejscowości Międzyzdroje,
- ON – drewniane ostrogi w miejscowości Niechorze,
- OK – drewniane ostrogi w miejscowości Kołobrzeg,
- MM – metalowe pale molo w miejscowości Międzyzdroje,
- MN – betonowa konstrukcja molo w miejscowości Niechorze,
- MK – betonowe pale molo w miejscowości Kołobrzeg,
- GN – betonowe gwiazdobluki falochronów w miejscowości Niechorze,
- GK – betonowe gwiazdobluki falochronów w miejscowości Kołobrzeg.

Do pobierania materiału użyto kwadratowego skrobacza o boku 20 cm, zamkniętego od góry wymienną siatką. Zebrany materiał przepłukano na sicie o średnicy oczek 0,45 mm i zakonserwowano. Wyszeregowane organizmy oznaczano makroskopowo. Przy określaniu biomasy, przed ważeniem, wszystkie organizmy odsączone na bibule z konserwantu. Osobniki z jednej grupy taksonomicznej z danej próbki ważono łącznie, przy użyciu wagi analitycznej z dokładnością do 0,01 mg [11, 22].

Pomiaru parametrów fizykochemicznych (zasolenia wody, pH, temperatury wody oraz konduktancji) dokonano równocześnie z pobraniem materiału epifuny poroślowej do badań [11]. Odczytu dokonano stosując elektroniczne mierniki kieszonkowe firmy Elmetron (konduktometr, solomierz i pH-metr).

Dokonano analizy statystycznej wyników. Obliczono współczynniki: stałości C, ogólnej różnorodności Shannona H', równomierności J', korzystając [6] ze wzorów:

- wskaźnik stałości (C)

$$C = \frac{q}{Q} \times 100\%$$

C – stałość,

q – liczba prób, w których wystąpił analizowany gatunek,

Q – liczba wszystkich prób.

- wskaźnik ogólnej różnorodności Shannona (H')

$$H' = - \sum (p_i \log p_i^2)$$

H' – współczynnik różnorodności gatunkowej,

p_i – udział i -tego gatunku w próbie,

- wskaźnik równomierności (J')

$$J' = \frac{H'}{\log_2 S}$$

J' – wskaźnik równomierności,

H' – wskaźnik ogólnej różnorodności gatunkowej,

S – liczba gatunków.

WYNIKI

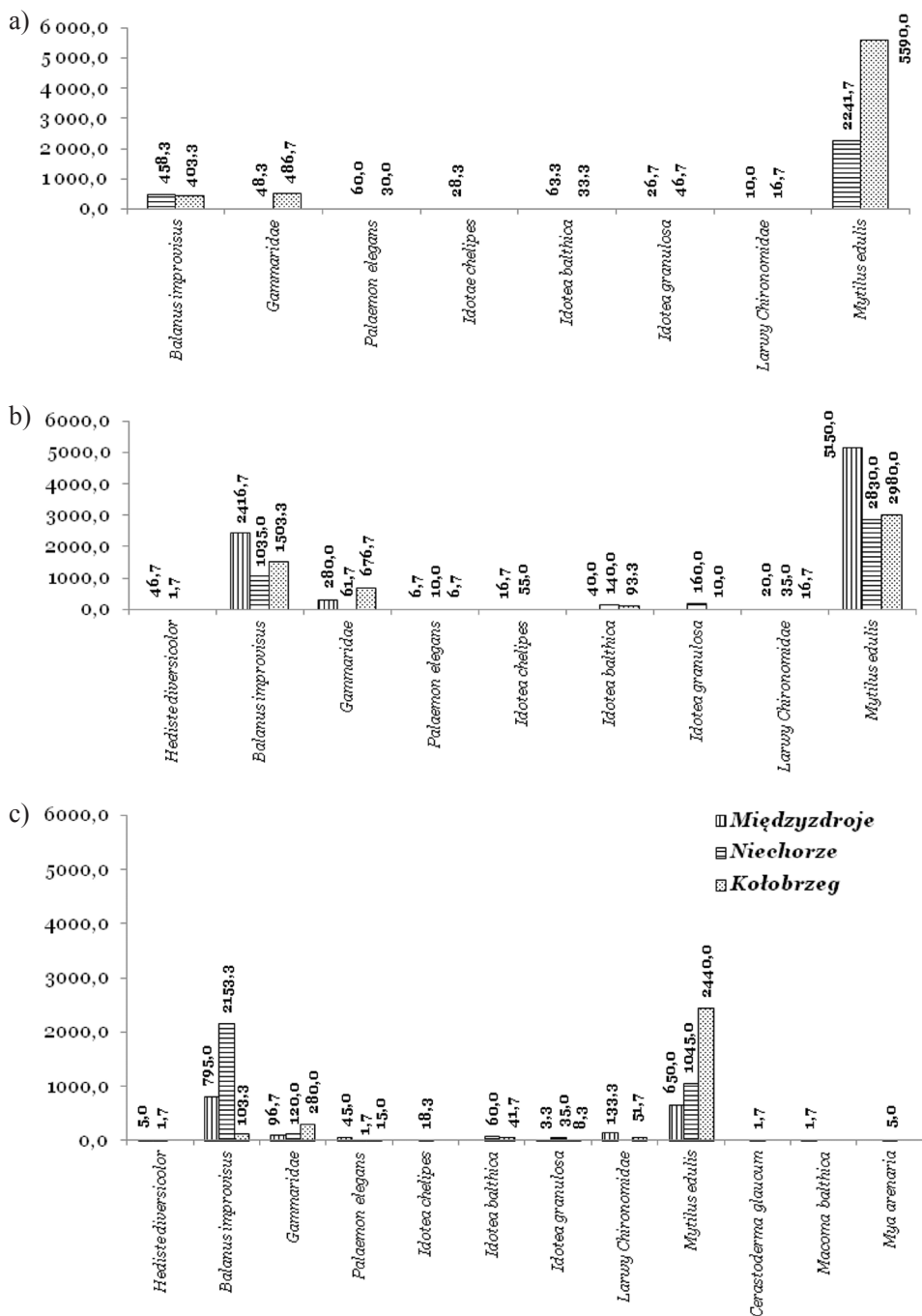
Temperatura wody w czasie prowadzonych badań wahała się od 13,3 °C do 22,5 °C, a pH wody wahał się od 7,73 do 8,61. Najniższe zasolenie wody notowano w rejonie Międzyzdrojów (wpływ wód Świny) z wartościami 4,66 PSU oraz 5,84 PSU; w pozostałych stanowiskach zasolenie wody wynosiło od 6,39 PSU do 7,50 PSU.

Łącznie stwierdzono 13 taksonów: *Hediste diversicolor*, *Balanus improvisus*, Gammaridae, *Palaemon elegans*, *Idotea balthica*, *Idotea chelipes*, *Idotea granulosa*, Chironomidea (larwy), *Mytilus edulis*, *Cerastoderma glaucum*, *Macoma balthica* i *Mya arenaria* (rys. 1). Najmniej (osiem) na gwiazdobłokach, na drewnianych ostrogach dziewięć – dodatkowo *H. diversicolor*. Na palach moło stwierdzono trzynaście taksonów. Osobniki omułka jadalnego (*Mytilus edulis*) występowały najliczniej, zarówno na betonowych gwiazdobłokach fałochronów i drewnianych ostrogach, a także na palach moło w Kołobrzegu. Na moło w Międzyzdrojach oraz Niechorzu najliczniej były porastane przez osobniki pąkli bałtyckiej (*Balanus improvisus*). Pozostałe taksony notowano w znacznie mniejszym zagęszczeniu. W Kołobrzegu zaznaczało się również obfitsze występowanie przedstawicieli kielży (Gammaridae). Największe wartości biomasy wykazano dla *Balanus improvisus* oraz *Mytilus edulis*.

Wartości wskaźnika stałości C przedstawia tabela 1. Najwyższe wartości stwierdzono w taksonach: *Balanus improvisus*, *Mytilus edulis* oraz Gammaridae.

Analiza klasterowa badanych zgrupowań epifauny zastawia stanowiska pod względem występujących taksonów (rys. 2). Największą odmienność w stosunku do pozostałych stanowisk wykazało stanowisko MM, czyli zgrupowanie organizmów poroślowych bytujących na metalowych filarach moło w Międzyzdrojach. Największe podobieństwa charakteryzowały zgrupowania porastające gwiazdobłoki fałochronów i ostrogi w Niechorzu oraz zgrupowania peryfitonu z ostróg z miejscowości Międzyzdroje i Kołobrzeg.

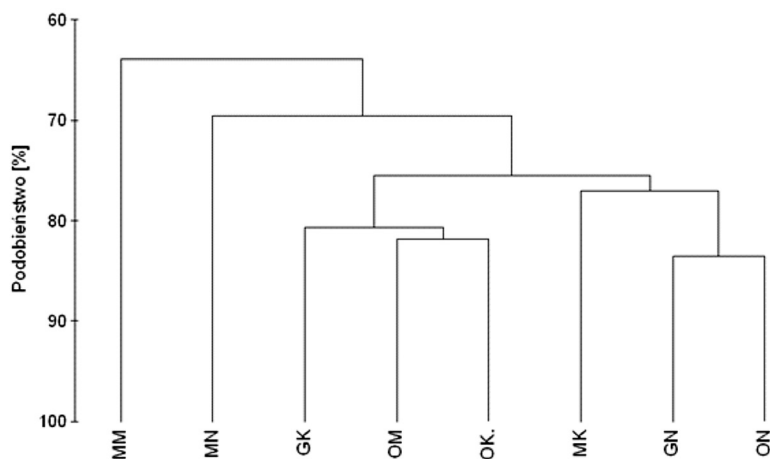
Oceny biocenotycznej dokonano obliczając następujące wskaźniki: liczba taksonów S , wskaźnik bogactwa gatunkowego d , wskaźnik równomierności J' , indyktor ogólnej różnorodności Shannona H' . Najwyższe wartości średniej liczby taksonów



Rys. 1. Średnie zagęszczenie [ind./m²] fauny poroślej badanych podłoży Zatoki Pomorskiej: a) betonowe gwiazdoblaki falochronów, b) drewniane ostrogi, c) metalowe pale mołu

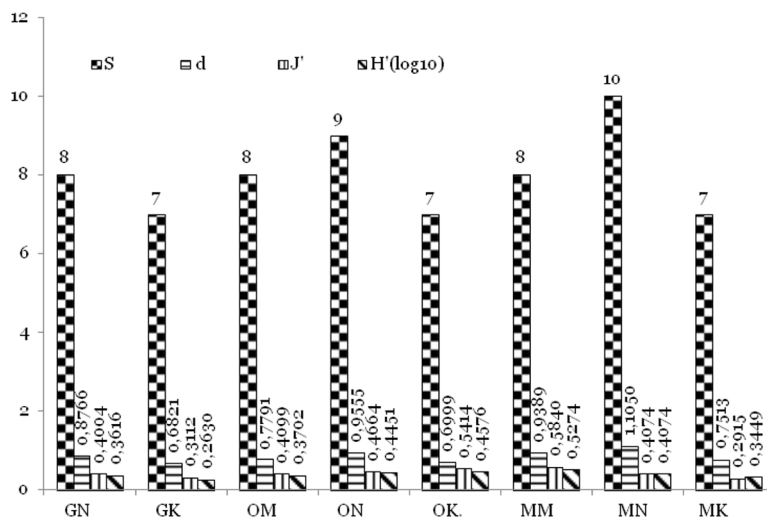
Tabela 1. Wartości wskaźnika stałości C [%] poszczególnych taksonów bytujących na poszczególnych podłożach Zatoki Pomorskiej

Takson	Zatoka Pomorska	Międzyzdroje	Niechorze	Kołobrzeg	Betonowe gwiazdobloki falochronów	Drewniane ostrogi	Metalowe pale molo	Betonowe pale molo
<i>Hediste diversicolor</i>	25,0	66,7	22,2	0,0	0,0	44,4	33,3	16,7
<i>Balanus improvisus</i>	95,8	100,0	100,0	88,9	83,3	100,0	100,0	100,0
Gammaridae	95,8	100,0	88,9	100,0	100,0	88,9	100,0	100,0
<i>Palaemon elegans</i>	54,2	50,0	44,4	66,7	83,3	33,3	66,7	50,0
<i>Idotea chelipes</i>	37,5	33,3	77,8	0,0	33,3	55,6	0,0	33,3
<i>I. balthica</i>	75,0	16,7	100,0	88,9	100,0	77,8	0,0	83,3
<i>I. granulosa</i>	50,0	16,7	66,7	55,6	66,7	33,3	33,3	66,7
Chironomidea larv.	54,2	50,0	55,6	55,6	66,7	55,6	66,7	33,3
<i>Mytilus edulis</i>	95,8	83,3	100,0	100,0	100,0	100,0	66,7	100,0
<i>Cerastoderma glaucum</i>	4,2	0,0	11,1	0,0	0,0	0,0	0,0	16,7
<i>Macoma balthica</i>	4,2	16,7	0,0	0,0	0,0	0,0	33,3	0,0
<i>Mya arenaria</i>	4,2	0,0	11,1	0,0	0,0	0,0	0,0	16,7



Rys. 2. Dendrogram analizy klastrowej badanych stanowisk Zatoki Pomorskiej z uwzględnieniem występujących taksonów (legenda opisu osi „x” w tekście)

($S = 10$) oraz wskaźnika bogactwa gatunkowego ($d = 1,1050$) stwierdzono dla zgrupowania epifauny bytującej na molo w Niechorzu. Najwyższe wartości pozostałych wskaźników charakteryzowały peryfiton z pali mola w Międzyzdrojach ($J' = 0,5840$ i $H' = 0,5274$). Najniższe wartości średniej liczby taksonów stwierdzono dla zgrupowań organizmów poroślowych bytujących na trzech badanych rodzajach podłoża w miejscowości Kołobrzeg ($S = 7$). W Kołobrzegu dla epifauny gwiazdobloków



Rys. 3. Średnie wartości wskaźników biocenotycznych (liczba taksonów S, wskaźnik bogactwa gatunkowego d, wskaźnik równomierności J', wskaźnik ogólnej różnorodności Shannona H') dla zgrupowań epifauny z antropogenicznych podłoży Zatoki Pomorskiej (legenda opisu osi „x” w tekście)

uzyskano najniższe wartości wskaźników bogactwa gatunkowego ($d = 0,6821$) oraz Shannona ($H' = 0,2630$), zaś dla epifauny pali molo – najniższą wartość wskaźnika równomierności ($J' = 0,2915$).

DYSKUSJA

Wzrost antropogenicznej presji powoduje, że coraz więcej sztucznych materiałów jest wprowadzanych do wodnych ekosystemów. Obecne są betonowe lub drewniane konstrukcje hydrotechniczne w postaci umocnienia nabrzeży, mola i pale mostów, stanowiące część podwodnej infrastruktury. Modyfikują one siedliska i powodują ich fragmentację, przyczyniając się do eliminacji niektórych taksonów jak również spadku lokalnej różnorodności biologicznej. Z drugiej strony tworzą nowe siedliska zwiększając powierzchnię dostępną dla przybrzeżnej roślinności i bezkręgowców, zarówno w słodkowodnych i morskich ekosystemach [5, 4, 7].

Na antropogenicznych podłożach wschodniej części Zatoki Pomorskiej odnotowano gatunki charakterystyczne zarówno dla fauny nowych podłoży jak i bentosu polskiego wybrzeża Bałtyku. Stwierdzono występowanie charakterystycznych dla epifauny gatunków osiadłych, a także form mobilnych (kielże, podwoiki, larwy ochotkowatych) – przedstawicieli taksonów bytujących wśród typowej peryfitonowej fauny sessilnej oraz makroglonów. Obfity obrast na badanych podłożach tworzyły plechy zielenic (*Enteromorpha compressa*, *Enteromorpha flexuosa ssp. flexuosa*, *Enteromor-*

pha linca, *Cladophora glomerata*). Wśród makrofauny zaobserwowano obecność gatunków (np. *Palaemon elegans*), które można uznać w zbiorowisku makrofauny poroślowej za „towarzyszące” lub określić innym mianem „goście”.

Najliczniej występującym gatunkiem w zgrupowaniu epifauny podłoża antropogenicznych wschodniego wybrzeża Zatoki Pomorskiej był *Mytilus edulis*. Na świeżo zanurzonych podłożach często, jako pierwsze osiadają pąkle, które następnie są porastane warstwą omułka [3]. Oba gatunki są najczęstszymi i najobficiej występującymi organizmami zgrupowań poroślowych Morza Bałtyckiego [2]. Jednocześnie konkurują one za sobą zarówno o miejsce (podłoże) do zasiedlenia oraz o pokarm [3, 21, 9, 10]. Tworzona przez organizmy osiadłe dodatkowa twarda powierzchnia na zanurzonych podłożach stanowi siedlisko do bytowania larw Chironomidae, Ostracoda, Copepoda i młodych małży, powodując wzrost ich liczebności [17]. Organizmy mobilne, zarówno bezkręgowce jak i ryby, zyskują doskonale miejsce do żerowania [26, 23]. Badania Piesika [24] wykazały, iż w Zatoce Puckiej kielże w znacznym stopniu odżywiały się glonami i orzęskami zespołu peryfitonowego. Z kolei makroglonami mogą odżywiać się żerujące na zespole porośli osobniki *Palaemon elegans*. W ich żołądkach notowano również bezkręgowce, jak kielże czy larwy ochotków [15].

Rodzaj podłoża wpływa na skład taksonomiczny zespołu poroślowego [18]. Stwierdzono, że rodzaj podłoża modyfikował bogactwo gatunkowe epifauny. Największą odmiennością taksonomiczną charakteryzowało się zgrupowanie porośli bytujących na metalowych filarach moło w Międzyzdrojach. Odnotowano osiem taksonów, jednakże zbiorowisko organizmów poroślowych wykazało się dużą równomiernością, przy umiarkowanej dominacji *Balanus improvisus* i *Mytilus edulis*. Pozostałe wskaźniki biocenotyczne również wskazują na znaczną bioróżnorodność epifauny metalowych pali moło w Międzyzdrojach w stosunku do pozostałych powierzchni. Podobne zjawiska zaobserwowano u makrofauny poroślowej bytującej na betonowym moło w Niechorzu. Bogaty taksonomicznie zespół ilościowo jednakże zdominowany był przez pąkle i omułka. Zbiorowiska porośli z ostróg oraz gwiazdobłoków falochronu w Niechorzu wykazywały bliskie podobieństwo taksonomiczne, podobnie jak zespoły z ostróg w Międzyzdrojach i Kołobrzegu. Bardzo duży udział *Mytilus edulis* w liczebności epifauny porastającej gwiazdobluki falochronów i moło w Kołobrzegu zaniżył wskaźniki biocenotyczne tych zbiorowisk. Znaczne falowanie wody mogło przyczynić się również do zubożania zespołów poroślowych, a zwłaszcza w taksony mobilne.

WNIOSKI

Głównym komponentem makrofauny poroślowej podłoża antropogenicznych Zatoki Pomorskiej są *Balanus improvisus* oraz *Mytilus edulis*. Istnieją różnice w składzie taksonomicznym zbiorowisk poroślowych w zależności od rodzaju podłoża: metal, beton, drewno. Największą różnorodność stwierdzono dla epifauny bytującej na metalowych palach moło w Międzyzdrojach, najniższą zaś dla zespołów porastających

betonowe gwiazdoblaki falochronów w Kołobrzegu, gdzie wpływ mogło mieć również znaczne falowanie, niekorzystne dla tego typu zbiorowisk.

LITERATURA

1. Bohr R., Giziński A. 1960. Wstępne studia hydrobiologiczne nad niektórymi elementami flory i fauny Brdy oraz jeziora Stoczek jako terenu przyszłego zbiornika zaporowego pod Koronowem. W: Przyr. Polski Zach., Poznań, nr 1–4, 11–14, 4, 47–67.
2. Chojnacki J.C. 1993. Sztuczne rafy. Alternatywa w rekultywacji i ochronie wód Zatoki Pomorskiej. *Aura*, 6, 11–13.
3. Chojnacki J.C. 2000. Environmental effect of artificial reefs in the southern Baltic (Pomeranian Bay). Ed. A.C. Jansen et al., *Artificial reefs in European Seas*. Kluwer Acad. Pub. Dordrecht. 307–318.
4. Connell S.D. 2001. Urban structures as marine habitats: an experimental comparison of the composition and abundance of subtidal epibiota among pilings, pontoons and rocky reefs. *Marin. Environ. Res.*, 52, 115–125.
5. Connell S.D., Glasby T.M. 1999. Do urban structures influence local abundance and diversity of subtidal epibiota? A case study from Sydney Harbour, Australia. *Mar. Environ. Res.*, 47, 373–387.
6. Czachorowski S. 2004. Opisywanie biocenozy – zoocenologia, skrypt elektroniczny dla magistrantów. Maszynopis dostępny w formacie PDF: www.uwm.edu.pl/czachor/pubiik/pdf-inne/zoocenozy.pdf
7. Czarnecka M. 2006. Ekologiczny status epifauny zasiedlającej sztuczne podłoża podwodne. Rozprawa doktorska, Zakład Hydrob. W.BiNOZ UMK, Toruń, 11–20, 115–117.
8. Czarnecka M., Poznańska M., Kobak J., Wolnomiejski N. 2009. The role of solid waste materials as habitats for macroinvertebrates in a lowland dam reservoir. *Hydrobiol.*, 635(1), 125–135.
9. Dziubińska A., Janas U. 2007. Submerged objects – nice place to live and develop. Succession of fouling communities in the Gulf of Gdańsk, Southern Baltic. *Ocean. Hydrobiol. Stud.*, 36(4), 65–78.
10. Dziubińska A., Szaniawska A. 2010. Short-term study on the early succession stages of fouling communities in the coastal zone of Puck Bay. *Ocean.Hydrob.Stud.*, 39(4), 3–16.
11. Eaton A.D., Franson M.A.H. 2005. *Standard Methods for the Examination of Water & Wastewater*, Eaton A.D., Franson M.A.H. (Eds), Amer. Publ. Heal. Assoc., Amer. Wat. Wor. Assoc., Water Environ. Feder. 21st Ed., pp. 1200.
12. Edgar G.J., Klumpp D.W. 2003. Consistencies over regional scales in assemblages of mobile epifauna associated with natural and artificial plants of different shape, *Aqua. Bot.*, 75, 275–291.
13. Gerrish N., Bristow M. 1979. Macroinvertebrate associations with aquatic macrophytes and artificial substrates, *Internat. Assoc. Great Lakes Res.* 5(1), 69–72.
14. Gurzęda A. 1959. Stosunki ekologiczne między fauną bezkręgową a roślinnością zanurzoną, *Ekol. Pol. Ser. B*, 5(2), 139–145.
15. Janas U., Barańska A. 2008. What is the diet of *Palaemon elegans* Rathke, 1987 (Crustacea, Decapoda), a non-indigenous species in the Gulf of Gdańsk (shouthern Baltic Sea)? *Oceanol.*, 50(2), 221–237.

16. Kornijów R., Ścibior R. 1999. Invertebrate herbivores and their impact on damages of water lily (*Nuphar luteum*) floating leaves in a small eutrophic lake, Pol. Arch. Hydrobiol., 46(2), 155–160.
17. Leppäkoski E., Olenin S. 2000. Non-native species and rates of spread: lessons from the brackish Baltic Sea. Biolog. Invas., 2, 151–163.
18. Marszałek D.S., Gerchakov S.M., Udey L.R. 1979. Influence of Substrate Composition on Marine Microfouling, Appl. Environ. Microbiol., 38(5), 987–995.
19. Miller T.L. 1966. Marine Fouling Organisms in Monterey Harbor, California June through September, 1966, Naval Postgrad. Sch. Monter. CA, AD0805628.
20. Mommsen D.B. Jr. 1966. A study of marine fouling in Monterey Harbor, Naval Postgrad. Sch. Monter. CA, AD0486949.
21. Qvarfordt S., Kautsky H., Malm T. 2006. Development of fouling communities on vertical structures in the Baltic Sea. Est., Coast. and Shelf Sci., 67, 618–628.
22. Pieczyńska E. 1970. Peryfiton jako pokarm zwierząt wodnych (metody badań). Wiad. Ekol., 16(2), 133–144.
23. Pieczyńska E. 2002. Oddziaływania roślinożernych bezkręgowców na makrofity zanurzone. Wiad. Ekol., 48(2), 71–96.
24. Piesik Z. 1992. Biologia i ekologiczna rola organizmów poroślowych zasiedlających sztuczne podłoża w różnych typach wód. Rozpr. i Stud. 196, Uniw. Szcz., pp. 122.
25. Schreider M.J., Glasby T.M., Underwood A.J. 2003. Effect of height on the shore and complexity of habitat on abundances of amphipods on rocky shores in New South Wales, Australia. Journ. Exp. Mar. Biol. Ecol., 293, 57–71.
26. Sládečková A. 1962. Limnological investigation methods for the periphyton („Aufwuchs”) community, Bot. Rev., 28, 286–350.
27. Soszka G.J. 1975. Ecological relations between invertebrates and submerged macrophytes in the lake littoral, Ekol. Pol. 23(3), 393–415.
28. Soszka G.J. 1975a. The invertebrates on submerged macrophytes in three masurian lakes, Ekol. Pol. 23(3), 371–391.
29. Szczepańska W. 1970. Periphyton of several lakes of the Masurian Lakeland, Pol. Arch. Hydrobiol., 17(30), 3, 397–418.
30. Szlauer L. 1980. Oczyszczanie zbiorników wodnych przy pomocy sztucznych barier. Gosp. Wodna, 8/9, 255–256.

THE ECOLOGICAL STRUCTURE MACROFAULING COMMUNITY OF THE EASTERN SHORE OF THE POMERANIAN BAY (SOUTHERN BALTIC SEA) IN 2008 ON THE ANTHROPOGENIC SUBSTRATES

Summary

In 2008, observations carried out on groups of biofouling organisms Pomeranian Bay. Appointed position in Międzyzdroje, Kołobrzeg and Niechorze. Samples of organisms were collected from the pillars of the pier, wooden spurs and concrete starblocks as part of the breakwaters in each village. The biological material has been collected in the spring (11 May 2008), summer (July 27, 2008) and early autumn (September 14, 2008). There have been qualitative and quantitative analysis of any invertebrate organisms collected.

Keywords: macrobiofouling, southern Baltic Sea, the Pomeranian Bay, antropogenic substrates.