

# Zaawansowane metody interdyscyplinarnych badań Morza Bałtyckiego



Skrypt do zajęć  
dla studentów studiów magisterskich  
na kierunku *Oceanografia*





**Fundusze Europejskie**  
Wiedza Edukacja Rozwój



**Unia Europejska**  
Europejski Fundusz Społeczny



Praca zbiorowa pod redakcją

**Ewy Szymczak**

***Autorzy***

Błaszczyk Agata

Burska Dorota

Hegele-Drywa Joanna

Idczak Jakub

Kendzierska Halina

Kubowicz-Grajewska Agnieszka

Lizińska Anna

Łukawska-Matuszewska Katarzyna

Mańko Maciej

Matciak Maciej

Normant-Saremba Monika

Pałgan Dominik

Panasiuk Anna

Pędziński Jarosław

Sapota Mariusz

Smolarz Katarzyna

Szymczak Ewa

Trzcńska Karolina

Weydmann-Zwolicka Agata

Wilczewska-Śliwińska Sylwia



**Wydział Oceanografii i Geografii**  
**Uniwersytet Gdański**  
**2020**

„Skrypt został sfinansowany ze środków Projektu „PROgram Rozwoju Uniwersytetu Gdańskiego (ProUG)” realizowanego w ramach Programu Operacyjnego Wiedza Edukacja Rozwój na podstawie umowy nr POWR.03.05.00-00-Z308/17-00, zawartej pomiędzy Narodowym Centrum Badań i Rozwoju a Uniwersytetem Gdańskim w dniu 11.12.2017 roku.”

## Spis treści

<b>1. Podstawowe informacje o r/v <i>Oceanograf</i> (A. Kubowicz-Grajewska)</b> .....	5
<b>2. Regulamin zajęć na statku (A. Kubowicz-Grajewska)</b> .....	9
<b>3. Aparatura / sprzęt wykorzystywany do badań</b> .....	14
<b>3.1. Narzędzia do połowów ryb (M. Sapota, A. Lizińska)</b> .....	14
<b>3.2. Sieci planktonowe (A. Błaszczuk, M. Mańko, A. Panasiuk)</b> .....	27
<b>3.3. Narzędzia do poboru makrozoobentosu (K. Smolarz, H. Rzemkowska)</b> .....	34
<b>3.4. Próbniki osadów (J. Pędziński, E. Szymczak)</b> .....	37
<b>3.5. Pomiar w toni wodnej (K. Łukawska-Matuszewska, M. Matciak)</b> .....	41
<b>3.6. Urządzenia hydroakustyczne wykorzystywane w badaniach środowiska morskiego (J. Idczak, K. Trzecińska, D. Pałgan)</b> .....	48
<b>4. Opis zajęć na statku</b> .....	64
<b>4.1. Zmienność przestrzenna ichtiofauny Zatoki Gdańskiej (M. Sapota, A. Lizińska)</b> .....	64
4.1.1. Cel zajęć .....	64
4.1.2. Wykorzystywana aparatura/sprzęt.....	64
4.1.3. Lokalizacja poligonu badawczego.....	65
4.1.4. Zakres pomiarów .....	65
4.1.5. Rekomendowane warunki pogodowe do prowadzenia badań.....	65
4.1.6. Przebieg zajęć.....	65
4.1.7. Sprawozdanie .....	75
4.1.8. Literatura .....	76
<b>4.2. Rozmieszczenie biomasy fitoplanktonu w strefie przybrzeżnej (S. Śliwińska-Wilczewska)</b> .....	77
4.2.1. Cel zajęć .....	77
4.2.2. Wykorzystywana aparatura/sprzęt.....	77
4.2.3. Lokalizacja poligonu badawczego.....	77
4.2.4. Zakres pomiarów .....	77
4.2.5. Rekomendowane warunki pogodowe do prowadzenia badań.....	78
4.2.6. Przebieg zajęć.....	78
4.2.7. Sprawozdanie .....	83
4.2.8. Literatura .....	83

<b>4.3. Poznanie różnorodności zooplanktonu z Zatoki Gdańskiej</b> ( <i>A. Weydmann-Zwolicka, M. Mańko, A. Panasiuk</i> ).....	84
4.3.1. Cel zajęć .....	84
4.3.2. Wykorzystywana aparatura/sprzęt.....	84
4.3.3. Lokalizacja poligonu badawczego.....	84
4.3.4. Zakres pomiarów .....	84
4.3.5. Rekomendowane warunki pogodowe do prowadzenia badań.....	84
4.3.6. Przebieg zajęć.....	85
4.3.7. Sprawozdanie .....	86
4.3.8. Literatura .....	86
<b>4.4. Przestrzenne zmiany w różnorodności gatunkowej i liczebności makrozoobentosu</b> <b>Zatoki Gdańskiej</b> ( <i>M. Normant-Saremba, J. Hegele-Drywa</i> ) .....	87
4.4.1. Cel zajęć .....	87
4.4.2. Wykorzystywana aparatura/sprzęt.....	87
4.4.3. Lokalizacja poligonu badawczego.....	87
4.4.4. Zakres pomiarów .....	87
4.4.5. Rekomendowane warunki pogodowe do prowadzenia badań.....	88
4.4.6. Przebieg zajęć.....	88
4.4.7. Sprawozdanie .....	92
4.4.8. Literatura .....	92
<b>4.5. Stężenie soli biogenicznych oraz koncentracja materii zawieszanej i chlorofilu</b> ( <i>K. Łukawska-Matuszewska, D. Burska</i> ).....	93
4.5.1. Cel zajęć .....	93
4.5.2. Wykorzystywana aparatura/sprzęt.....	93
4.5.3. Lokalizacja poligonu badawczego.....	93
4.5.4. Zakres pomiarów .....	94
4.5.5. Rekomendowane warunki pogodowe do prowadzenia badań.....	94
4.5.6. Przebieg zajęć.....	94
4.5.7. Sprawozdanie .....	99
4.5.8. Literatura .....	101

<b>4.6. Pobieranie i charakterystyka osadów o nienaruszonej strukturze</b> <i>(E. Szymczak, J. Pędziński)</i> .....	102
4.6.1. Cel zajęć .....	102
4.6.2. Wykorzystywana aparatura/sprzęt.....	102
4.6.3. Lokalizacja poligonu badawczego.....	102
4.6.4. Zakres pomiarów .....	102
4.6.5. Rekomendowane warunki pogodowe do prowadzenia badań.....	103
4.6.6. Przebieg zajęć.....	103
4.6.7. Sprawozdanie .....	107
<b>4.7. Badania morfologii i budowy wglębnej dna akwenu echosondą wielowiązkową oraz sub-bottom profiler'em</b> <i>(K. Trzczińska, D. Pałgan)</i> .....	111
4.7.1. Cel zajęć .....	111
4.7.2. Wykorzystywana aparatura/sprzęt.....	111
4.7.3. Lokalizacja poligonu badawczego.....	111
4.7.4. Zakres pomiarów .....	112
4.7.5. Rekomendowane warunki pogodowe do prowadzenia badań.....	112
4.7.6. Przebieg zajęć.....	112
4.7.7. Sprawozdanie .....	116
4.7.8. Literatura .....	116
<b>4.8. Kompleksowe wykorzystanie urządzeń hydroakustycznych wraz z oprogramowaniem w badaniach identyfikacji podwodnych obiektów</b> <i>(J. Idczak)</i> .....	117
4.8.1. Cel zajęć .....	117
4.8.2. Wykorzystywana aparatura/sprzęt.....	117
4.8.3. Lokalizacja poligonu badawczego.....	117
4.8.4. Zakres pomiarów .....	117
4.8.5. Rekomendowane warunki pogodowe do prowadzenia badań.....	117
4.8.6. Przebieg zajęć.....	118
4.8.7. Sprawozdanie .....	118
4.8.8. Literatura .....	119
<b>5. Słownik pojęć</b> .....	120

# 1. Podstawowe informacje o r/v *Oceanograf*

(A. Kubowicz-Grajewska)

*Oceanograf* (Ryc. 1.1) to jedna z najnowocześniejszych jednostek badawczych pływających po Bałtyku, której armatorem jest Instytut Oceanografii Uniwersytetu Gdańskiego.

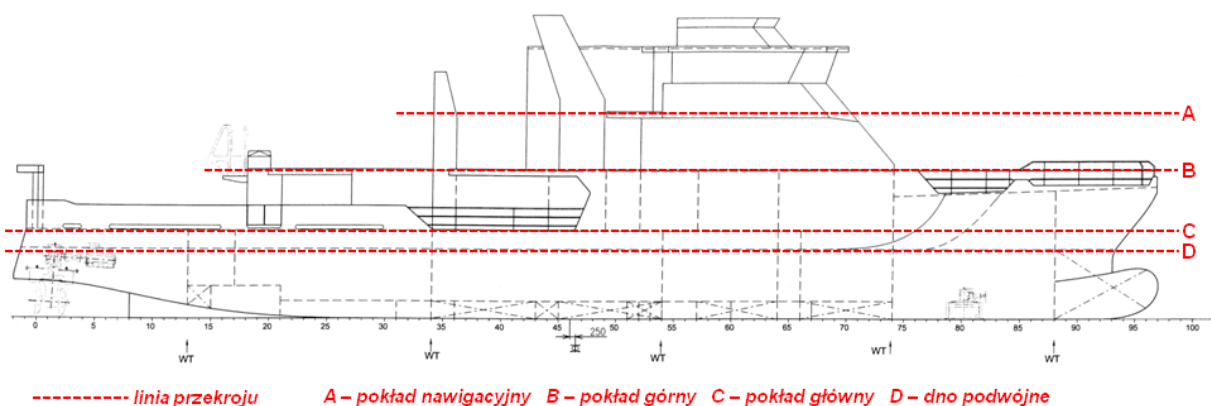


Ryc. 1.1. R/v *Oceanograf*

Dwukadłubowa konstrukcja statku (katamaran) ma 46,03 m długości, 14 m szerokości i 6,55 m wysokości do pokładu górnego. Konstrukcja zapewnia stabilność jednostki minimalizując kąt przechyłu, co jest szczególnie ważne przy prowadzeniu badań na morzu. Umożliwia to wykonywanie pomiarów nawet przy stanie morza 4 i przy sile wiatru 4 w skali Beauforta.

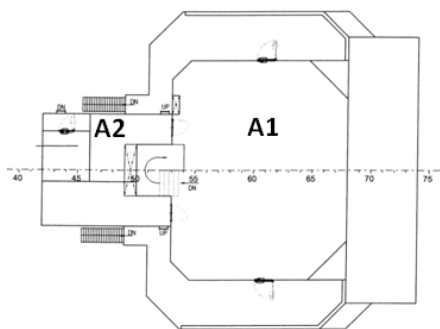
Jednostka posiada napęd spalinowo-elektryczny, maksymalna prędkość wynosi 12 węzłów (22,22 km/h), prędkość ekonomiczna to 10 węzłów (18,5 km/h). Przy tej prędkości zasięg statku to 2 400 Mm (4 444,8 km). Statek może przebywać na morzu nawet 21 dni bez zawijania do portu. Stała załoga składa się z kapitana i sześciu członków załogi.

Na jednostce można wydzielić kilka pokładów, w obrębie których znajdują się różne pomieszczenia użytkowe (Ryc. 1.2, Ryc. 1.3). Na pokładzie górnym (B) oraz głównym (C) znajdują się kabiny: dla kapitana (B1), dla I oficera (B2), dla załogi (B3), kierownika rejsu (B4) oraz kabiny dla grupy naukowo-badawczej (B5, B6, B7, B8; C6, C7) (wszystkie wyposażone są w bloki sanitarne i podłączone do pokładowej sieci komputerowej). Ponadto na jednostce znajduje się kuchnia (C8) oraz mesa wraz z salą seminaryjno-wykładową (C9).

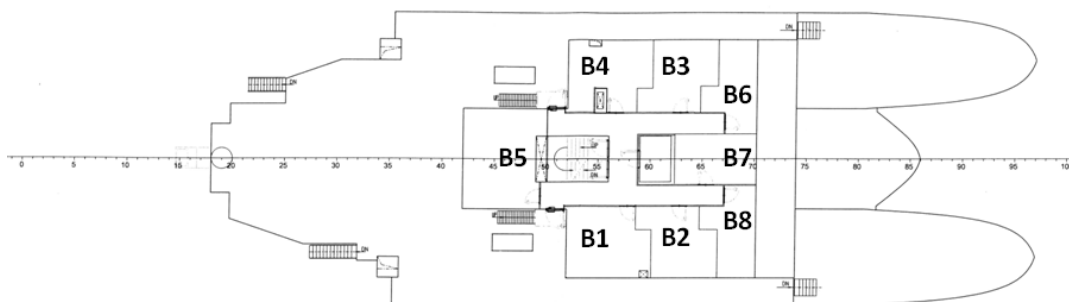


Ryc. 1.2. R/v *Oceanograf* – widok z boku wraz z zaznaczonymi liniami przekroju poszczególnych pokładów

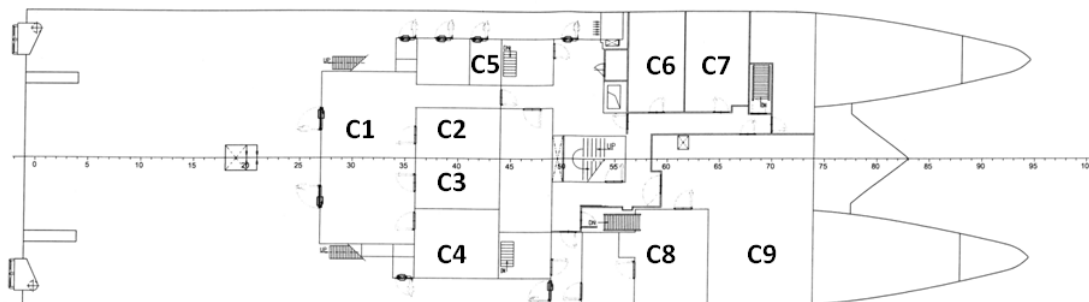
**A – pokład nawigacyjny**



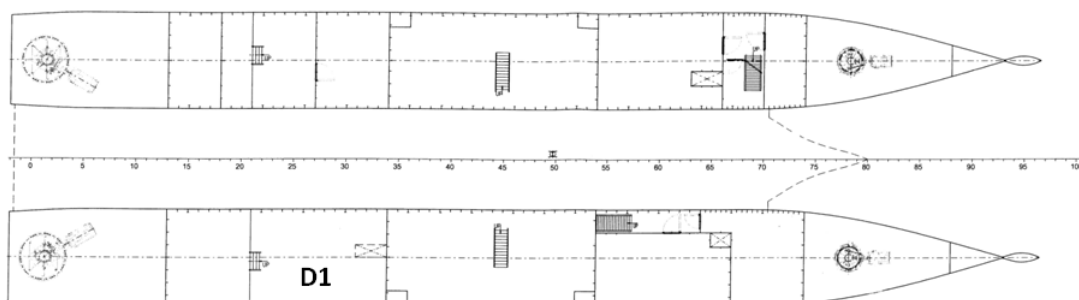
**B – pokład górny**



**C – pokład główny**



**D – dno podwójne**



Ryc. 1.3. Układ wybranych pomieszczeń w poszczególnych pokładach r/v *Oceanograf* – widok z góry (A1 – stacja badań aerozoli, A2 – sterówka; B1-B8 – kabiny dla poszczególnych uczestników rejsu; C1-C4 – laboratoria, C5 – magazyn nurkowy, C6, C7 – kabiny, C8 – kuchnia, C9 – mesa i sala seminaryjno-wykładowa; D1 – magazyn sprzętu badawczego i próbek)

Jednostka jest wyposażona w specjalistyczne urządzenia do prowadzenia interdyscyplinarnych badań środowiska morskiego, tj.: batymetrycznych, biologicznych, chemicznych, fizycznych, geologicznych oraz geofizycznych. Znajdują się one na pokładzie oraz w magazynie sprzętu badawczego (poziom D – dno podwójne – D1). Ponadto jest przystosowana do połowów ryb. W tym celu na otwartym pokładzie rufowym zainstalowane są urządzenia umożliwiające połow, natomiast w kadłubie zamocowane są wciągarki trałowe i sieciowe oraz magazyn ryb wyposażony w wytwornicę lodu.

Wśród głównych urządzeń badawczych należy wymienić:

- urządzenie do pozycjonowania podwodnego USBL Easytrak Nexcus firmy Applied Acoustics Underwater Technology,
- zestaw 3 echosond typu split-beam EK80 firmy Simrad,
- echosondę wielowiązkową firmy Teledyne Reson model SeaBat 7125 SV2,
- echosondę poziomą Farsounder FS-3,
- kablową echosondę sieciową Simrad FS70 z wciągarką i system PI50/60,
- system sonaru holowanego firmy Edge Tech, model 4200,
- profilomierz osadów dennych firmy Edge Tech, model 3100,
- pojazd podwodny ROV sterowany przez kablolinę firmy Subsea Tech, model Mini-ROV Guardian 2.1,
- prądomierz ADCP firmy Teledyne, RD Instruments Workhorse Mariner,
- sonda miniCTD firmy Valeport,
- zestaw urządzeń do badania oświetlenia nad i pod wodą firmy TriOS typu Ramses,
- rufowe urządzenia rybackie do połowu włokami dennymi i pelagicznymi,
- zestaw do połowów włokami rozprzowymi,
- zestaw do połowu sieciami stawnymi,
- sieci planktonowe MultiNet typu Midi,
- optyczny licznik planktonu typu Flow CAM VS-IV,
- cytometr przepływowy firmy Becton Dickinson (BD Biosciences) model FACS Jazz,
- rozetę batymetryczną z sondą CTD i z dodatkowymi czujnikami firmy SeaBird Electronics SBE 25plus Sealogger,
- multi-pułapkę sedymentacyjną firmy Hydrobios typu Multi Sediment Trap/24,
- sondę wielordzeniową typu Multicorer model Maxicorer firmy OSIL,
- wibrosondę firmy OSIL model Lightweight Vibrocorer 3+6,
- czerpak skrzynekowy firmy KC Denmark A/S model 80.000,
- pobornik wysokoprzepływowy z głowicą PM-10 do pobierania aerozoli firmy TISCH Environmental,
- próbnik i impaktor do pobierania aerozoli firmy TISCH Environmental (pokład A – A2 – obok sterówki -A),
- stację meteorologiczną firmy Vaisala typ MAWS410.



*Oceanograf* posiada bogato wyposażone laboratoria (Ryc. 1.3): laboratorium mokre (C1), termostatyczne (C2), sterylne (C3) oraz pomiarowe (C4), w których przeprowadza się analizy na zebranych w czasie rejsu materiałach badawczych.

Poza sprzętem specjalistycznym na jednostce znajdują się urządzenia wspomagające pracę na pokładzie:

- żuraw pokładowy 4 t, sterowany radiowo,
- bramownica rufowa 35 kN lub 70 kN,
- dwie wciągarki trałowe od 32 do 52 kN
- dwie wciągarki sieciowe o pojemności 2,5 m<sup>3</sup>,
- wciągarka kabloliny 35 kN,
- wciągarka kabloliny 5 kN,
- dwa wychylne żurawiki rufowe 300 kg,
- dwa wychylne żurawiki dziobowe 300 kg,
- bramownica burtowa z dwoma wciągarkami do 300 kg,
- żurawik dziobowy 50 kg,
- wysuwane z kadłuba podnośniki echosond Reson i Split Beam oraz USBL,
- wyposażenie dla pracy ekipy nurków,
- łódź hybrydowa typu RIB S-490 firmy Sportis.

## 2. Regulamin zajęć na statku

(A. Kubowicz-Grajewska)

Zasady pracy oraz przebywania na statku określa *Regulamin pracy i przebywania na statkach Uniwersytetu Gdańskiego*, stanowiący *Załącznik do zarządzenia Rektora UG nr 111/R/17*. Uzupełnieniem do *Regulaminu* jest dokument zawierający „*Zasady Bezpieczeństwa i Higieny Pracy oraz postępowania na pokładzie statku Oceanograf*”.

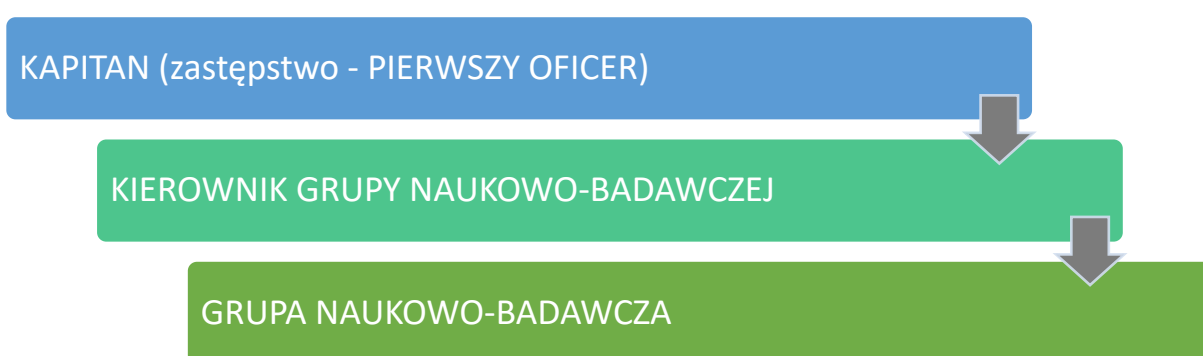
*Regulamin pracy oraz przebywania na statkach Uniwersytetu Gdańskiego* został ustalony na podstawie:

- 1) art. 104 ustawy z dnia 26 czerwca 1974 r. Kodeksu pracy (t.j. Dz. U. z 2016 r. poz. 1666 ze zm.),
- 2) art. 84 ustawy z dnia 5 sierpnia 2015 r. o pracy na morzu (Dz. U. z 2015 r. poz. 1569),
- 3) ustawy z dnia 18 września 2001 r. Kodeks morski (t.j. Dz. U. z 2016 r. poz. 66 ze zm.).

Każdy członek załogi i ekipy naukowo-badawczej przed podjęciem po raz pierwszy pracy na statku zobowiązany jest do zapoznania się z postanowieniami niniejszego *Regulaminu*, a także z „*Zasadami Bezpieczeństwa i Higieny Pracy oraz postępowania na pokładzie statku Oceanograf*”.

Wymienione dokumenty ustalają organizację i porządek pracy oraz przebywania na statku oraz określają związane z tym prawa i obowiązki zarówno armatora, jak i członków załogi oraz członków ekipy naukowo-badawczej skierowanych do pracy na statku.

### FUNKCJE POSZCZEGÓLNYCH OSÓB NA STATKU



Najważniejszą osobą na statku jest KAPITAN. Jest on w pełni odpowiedzialny za bezpieczeństwo statku, jego załogi i pasażerów, a także ładunku. Kapitan dostarcza wszystkim osobom zaokrętowanym na statku wszelkich informacji – poprzez opis, zademonstrowanie i przeprowadzenie ćwiczeń praktycznych – o środkach bezpieczeństwa oraz sposobach zachowania się w podstawowych alarmach, w tym alarmie do opuszczenia jednostki. Zastępcą Kapitana, w razie potrzeby lub jego nieobecności, jest Pierwszy Oficer.

Kapitanowi podlega KIEROWNIK GRUPY NAUKOWO-BADAWCZEJ, który:

- odpowiada za skład zespołu naukowo-badawczego,
- informuje członków ekipy naukowo-badawczej o szczególnych wymaganiach na statku, konieczności utrzymania porządku w przydzielonych kabinach, laboratoriach oraz miejscach pracy, a także w pomieszczeniach przeznaczonych do ogólnego użytku,
- odpowiada za należyłą organizację i dyscyplinę pracy wszystkich członków ekipy naukowo-badawczej, przestrzeganie przez nich przepisów bhp, racjonalne wykorzystanie sprzętu i aparatury naukowo-badawczej znajdującej się na wyposażeniu statku lub zabranej na statek na użytek danego rejsu, racjonalną gospodarkę materiałami koniecznymi dla realizacji zadań badawczych,
- sprawuje ogólny nadzór nad obsługą i bieżącą konserwacją sprzętu oraz aparatury naukowo-badawczej przez wyznaczonych do tego celu członków ekipy naukowo-badawczej,
- odpowiada za prace i badania oraz bezpieczeństwo w laboratoriach,
- zapoznaje wszystkie osoby wystawione na działanie chemicznych materiałów niebezpiecznych o ich wpływie na zdrowie, koniecznych środkach ochronnych, procedur ich usuwania i neutralizacji, postępowania w czasie zaistniałych wypadków.

Kierownik grupy naukowo-badawczej współpracuje z Kapitanem i wymienia informacje na temat codziennej pracy zespołu w celu rozwiązywania wszelkich problemów pojawiających się w trakcie rejsu.

Członkowie GRUPY NAUKOWO-BADAWCZEJ podlegają bezpośrednio Kierownikowi rejsu i zobowiązani są do wykonywania wydawanych przez niego poleceń. Odpowiadają za:

- należyte wykonanie powierzonych mu w ramach programu badań zadań,
- utrzymanie porządku na swoim stanowisku pracy i w pomieszczeniu służbowym lub laboratoryjnym przez nich użytkowanym,
- racjonalne wykorzystanie sprzętu i aparatury naukowo-badawczej będącej w ich użytkowaniu,
- racjonalną gospodarkę materiałami koniecznymi dla realizacji powierzonych im zadań.

W zakresie realizacji programu badań podczas rejsu zobowiązani są do:

- uzgodnienia z kierownikiem naukowym rejsu harmonogramu realizacji powierzonych zadań,
- ścisłej współpracy z kierownikiem naukowym rejsu oraz pozostałymi członkami grupy naukowo-badawczej i załogą statku w zakresie wykonywania prac związanych z realizacją planu badań.

## **WAŻNE INFORMACJE**

Na statku *Oceanograf* znajduje się instrukcja pt. Międzynarodowy System Zarządzania Bezpieczeństwem Statku (ISM Code), do której mają dostęp wszystkie zaokrętowane osoby. W dokumencie tym określono obowiązki osób funkcyjnych oraz wszystkich osób dodatkowo zaokrętowanych. Instrukcje środków bezpieczeństwa i środków ratunkowych zamieszczone są w książce „Instrukcje środków Ratunkowych” znajdującej się w mesie i na mostku.

Obowiązki wszystkich osób w poszczególnych alarmach znajdują się na tablicy informacyjnej, umieszczonej w korytarzu koło mesy oraz w każdej kabinie na rozkładzie umieszczonym nad biurkiem,

- we wszystkich alarmach - miejsce zbiórki znajduje się na **pokładzie rufowym w oznakowanym miejscu**,
- alarmy będą ogłaszane dzwonkiem, a następnie dublowane za pomocą rozgłośni, w momencie usłyszenia alarmu - dzwonki i/lub rozgłośnia - należy się natychmiast udać na miejsce zbiórki.

Statkowy system alarmowy składa się z:

### **ALARM OGÓLNY**



- 🔔 siedem krótkich i jeden długi sygnał; alarmy pożarowy i opuszczania statku, oraz inne zagrożenia będą sygnalizowane alarmem ogólnym i zapowiedzią przez system rozgłośni ustnie;
- 🔔 udając się na miejsce zbiórki należy zabrać ze sobą pas ratunkowy, a w przypadku **Alarmu Opuszczenia Statku (najpierw Alarm Ogólny (dzwonkiem), a potem głosem Alarm Opuszczenia Statku – zabrać także swoje dokumenty i Morski Ubiór Ratunkowy** znajdujący się w przydzielonej kabinie. Należy postępować zgodnie z instrukcjami kapitana lub wyznaczonego członka załogi statku;
- 🔔 po ogłoszeniu alarmu i opuszczeniu kabiny należy zamknąć drzwi (ale nie na klucz).

Takie alarmy ćwiczebne jak **alarm do opuszczenia statku** oraz alarm pożarowy zostaną przeprowadzone w krótkim czasie od momentu opuszczenia portu. Wyznaczeni członkowie załogi i wszyscy nowo zaokrętowani mają obowiązek uczestniczenia w ćwiczeniach.

Na ćwiczenia należy zabrać własną kamizelkę ratunkową oraz ubiór ratunkowy (znajdujące się w przydzielonej kabinie). W trakcie ćwiczenia wszyscy uczestnicy mają obowiązek właściwego ich ubrania (po przeprowadzonym przez załogę pokazie).



### *O tym należy pamiętać!!!*

- **palenie we wszystkich pomieszczeniach wewnętrznych statku tj. na mostku, w laboratoriach, w kabinach, korytarzach oraz mesie JEST ZABRONIONE,**
- palenie jest dozwolone na tylko pokładzie rufowym w miejscu do tego wydzielonym,
- posiadanie i użycie **napojów alkoholowych, narkotyków lub nielegalnych środków medycznych JEST ZABRONIONE.**

Ponadto:

- w morzu nie wolno zamykać się w swojej kabine na klucz,
- należy używać (zawsze!!!) pełnego osobistego wyposażenia ochronnego,
- należy pamiętać o odpowiednim stroju – odpowiednio dostosowanym do wykonywanych zadań (odzież ochronna, buty, rękawice, kask),
- należy natychmiast meldować Kapitanowi o zauważanych nieprawidłowościach,
- należy niezwłocznie informować Pierwszego Oficera o osobistych dolegliwościach i chorobach,
- wszelkie wypadki lub zranienia muszą być natychmiast zgłaszane do Kapitana, który w zależności od sytuacji zobowiązany jest do podjęcia adekwatnych działań, w tym do powiadomienia odpowiednich służb medycznych na brzegu.

### *Przebywanie na statku*

- ze względów bezpieczeństwa wyjście na pokłady otwarte wymaga uzyskania zgody oficera wachtowego,
- wychodząc na pokład należy poinformować o tym fakcie kogoś z załogi lub grupy naukowej,
- w trakcie: manewrowania, badań naukowych i połowów, przygotowania do wyjścia na morze, podczas kotwiczenia lub podnoszenia kotwicy, wyjścia z lub wejścia do portu, a także przejścia wąskim kanałem na mostku pozostaje tylko niezbędny personel statku: kapitan i/lub oficer wachtowy oraz mechanik oraz naukowcy/operatorzy sprzętu naukowego; osoby postronne nie będące załogą statku mogą przebywać na mostku tylko po uzyskaniu zgody Kapitana,
- zejście ze statku na ląd odbywa się po zacumowaniu i dopiero wtedy, gdy zostanie udzielona zgoda przez kapitana lub oficera wachtowego – nie wcześniej.

### *Sprzątanie statku po rejsie*

W celu utrzymania czystości w pomieszczeniach mieszkalnych, laboratoriach i pozostawienia ich w dobrym stanie dla kolejnej grupy naukowo-badawczej korzystającej ze statku koniecznym jest, aby każdy użytkownik sprzątał swoją kabinę, przynależną kabinę prysznicową wraz z toaletą, oraz laboratorium przed opuszczeniem statku. Dlatego też członkowie ekipy zaokrętowanej na statek zobligowani są sprzątnąć wymienione pomieszczenia przed jego opuszczeniem. Niezbędne środki i narzędzia dostarczy załoga.

W następujących pomieszczeniach, takich jak:

- a. **laboratoria:** należy usunąć cały sprzęt badawczy, opróżnione kosze wstawić do uchwytów, wilgotną a następnie suchą ściereczką przetrzeć stoły, krzesła, umyć zlewy i krany, zamieść pokład, jeżeli istnieje konieczność umyć go mokrym mopem.
- b. **kabiny mieszkalne:** należy rozebraną pościel i ręczniki złożyć na koi lub w workach dostarczonych przez załogę, złożony koc położyć w nogach koi, opróżnić kosz na śmieci, przetrzeć meble.
- c. **toaleta i prysznic:** należy umyć miskę muszli toaletowej, umyć zlew i kran, wytrzeć lustro, mydelniczkę, wilgotną a następnie suchą ściereczką przetrzeć szoty, umyć pokład, opróżnić kosz na śmieci.

Kapitan/Oficer statku zobowiązany jest sprawdzić stan pomieszczeń zajmowanych przez ekipę przed ich opuszczeniem.

### 3. Aparatura / sprzęt wykorzystywany do badań

#### 3.1. Narzędzia do połowów ryb

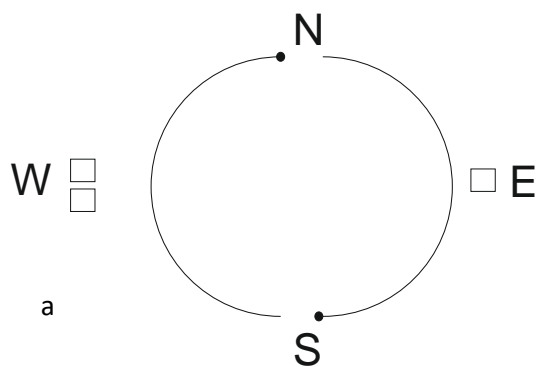
(M. Sapota, A. Lizińska)

Narzędzia wykorzystywane do połowów ryb, do celów naukowych, to m.in. skrzelowe sieci stawne, narzędzia pułapkowe i włoki rozprzowe. Sposób ich wydawania i obsługi może różnić się ze względu na charakterystykę jednostki połowowej, z której są wydawane. W przypadku skrzelowych sieci stawnych i narzędzi pułapkowych można wydawać je zarówno z małych jednostek, typu łódzie wiosłowe czy pontony, jak również z dużych jednostek połowowych. Stopień mechanizacji prac przy narzędziach uzależniony jest od możliwości jednostki połowowej. Do pracy włokami rozprzowymi niezbędna jest jednostka połowowa z napędem mechanicznym, systemem bomów lub bramownicą i wyciągarką trałową.

#### Skrzelowe sieci stawne

Skrzelowe sieci stawne stosowane do połowów naukowych ryb konstruowane są tak aby charakteryzowały się jak najmniejszą selektywnością. Z zasady zbudowane są z sektorów (paneli) o różnej wielkości oczka, tak aby jedna sieć łowiła ryby o różnej wielkości. Sieci nazywamy skrzelowymi sieciami sektorowymi lub panelowymi. Tkanina sieciowa, w którą zaplątują się ryby jest luźno rozpięta na dwóch linach nośnych: górnej – usplawnionej i dolnej – obciążonej. Jeżeli usplawnienie ma wartość większą od masy sieci w wodzie to górna lina znajduje się na powierzchni i mamy do czynienia z siecią pelagiczną. W przeciwnym wypadku, lina dolna pozostaje na dnie i mówimy o sieci dennej.

Sieci skrzelowe pozostawiamy na łowisku, zwykle, na kilkanaście godzin. Wystawia się je wieczorem, a podnosi rano. Wyniki połowu standaryzuje się przeliczając je na 12 lub 24 godziny połowu. Narzędzia połowowe pozostawione na łowisku muszą być w odpowiedni sposób oznakowane. Służą do tego chorągiewki rybackie. Stosowane są chorągiewki w dwóch kolorach. Chorągiewki czerwone oznaczają brak możliwości przepłynięcia nad siecią (pomiędzy chorągiewkami). Chorągiewki czarne oznaczają istnienie możliwości przepłynięcia nad siecią (pomiędzy chorągiewkami), zabraniają ciągnięcia czegokolwiek po dnie w tym rejonie. Jeżeli długość zestawu połowowego przekracza 1 Mm, wtedy w odległości nie większej niż 1 Mm umieszcza się chorągiewki pośrednie, koloru białego. Na końcu zestawu w sektorze zachodnim, licząc od południa przez zachód i obejmując północ, mocuje się bojkę z tyczką zaopatrzoną w 2 chorągiewki oraz 2 pasy taśmy odbłaskowej. Na końcu zestawu w sektorze wschodnim, licząc od północy przez wschód i obejmując południe, mocuje się bojkę z tyczką zaopatrzoną w chorągiewkę oraz pas taśmy odbłaskowej (Ryc. 3.1).



Ryc. 3.1. Chorągiewka rybacka a) schemat wyjaśniający sposób stosowania podwójnych i pojedynczych chorągiewek; b) chorągiewka gotowa do wydania, (fot. A. Lizińska)

Ponadto, zgodnie z Dz.U. 2016 poz. 1494 oznakowania sieci stawnych powinny spełniać następujące wymogi:

1. chorągiewki – mieć kształt prostokąta o długości boku nie mniejszej niż 40 cm,
2. chorągiewki – być zamocowane do tyczki bojki dłuższym bokiem,
3. chorągiewki – być zamocowane do tyczki bojki w odległości nie mniejszej niż 80 cm od powierzchni wody,
4. chorągiewki – być zamocowane do tyczki bojki, zachowując pomiędzy nimi odległość nie mniejszą niż 20 cm, jeżeli do tyczki bojki mają być przymocowane 2 chorągiewki,
5. chorągiewki użytej do oznakowania tego samego zestawu – mieć jednakowe wymiary,
6. chorągiewki użytej do oznakowania końców tego samego zestawu – być takiego samego koloru,
7. chorągiewki bojek przymocowanych do zestawu wystawionego przy powierzchni wody – być koloru czerwonego,
8. chorągiewki bojek przymocowanych do zestawu wystawionego przy dnie – być koloru czarnego,
9. chorągiewki bojek pośrednich, o których mowa w ust. 1 pkt 5 – być koloru białego,



10. pasa taśmy odblaskowej – mieć szerokość co najmniej 5 cm,
11. reflektora radarowego – mieć kształt kuli o średnicy co najmniej 25 cm,
12. bojki – być koloru innego niż czerwony i zielony,
13. długości linki, za której pomocą bojka jest przymocowana do zestawu wystawionego przy dnie – nie może przekraczać 1,5-krotności głębokości wody w miejscu wystawienia narzędzia połowowego,
14. linki, o której mowa w pkt 13 – być wykonane z tworzywa samotonącego albo obciążone,
15. latarni – świecić jasnym światłem błyskowym o częstotliwości błysku co najmniej raz na 5 sekund (F 1 Y 5s), które jest widoczne z odległości nie mniejszej niż 2 Mm,
16. echa reflektora radarowego – być odbierane z odległości nie mniejszej niż 2 Mm.

Na pływakach chorągiewek powinna znajdować się oznaka rybacka jednostki połowowej lub informacja o uzyskanej zgodzie na połowy do celów naukowych lub dydaktycznych.

W zależności od rejonu badań stosowane są różne typy sektorowych sieci stawnych. Różnią się one liczbą i długością paneli oraz wielkością oczek w panelach. W strefie płytkowodnej często stosowane są sieci Polish coastal net survey net (Tab. 3.1)

Tabela 3.1. Charakterystyka sieci skrzelowych Polish coastal net survey net zgodna z „Przewodnik metodyczny do badań terenowych i analiz laboratoryjnych ichtiofauny w wodach przejściowych i przybrzeżnych w ramach monitoringu diagnostycznego ichtiofauny”

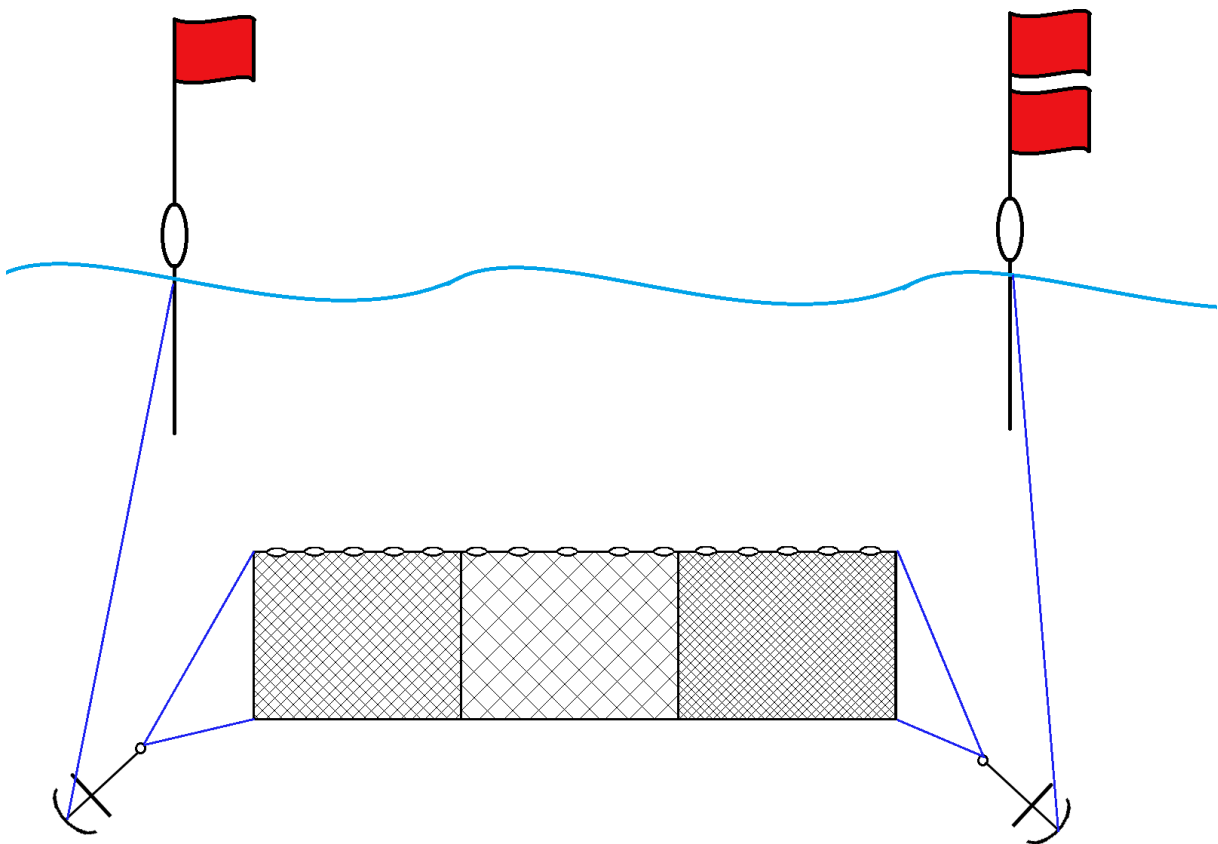
Lp.	Kolejność siatki w zestawie	Wielkość oczka (od węzła do węzła) [mm]	Grubość żyłki [mm]	Długość panelu [m] (górze)
1	1	30	0,15	5
2	2	15	0,14	5
3	3	38	0,16	5
4	4	10	0,12	5
5	5	48	0,20	5
6	6	12	0,12	5
7	7	24	0,14-0,16	5
8	8	60	0,20	5
9	9	19	0,14-0,16	5
Długość całkowita 45 m				

Zwykle poszczególne sieci łączy się ze sobą uzyskując zestawy połowowe o długości kilkuset metrów. W niektórych przypadkach łączy się sieci sektorowe z typowymi sieciami rybackimi przystosowanymi do połowów komercyjnych konkretnych gatunków ryb np. dorsza lub storni.

Do wystawienia sieci niezbędne są kotwice (po jednej na każdą chorągiewkę). Najczęściej stosowane są kotwice czteroramienne o masie 5–6 kg. Wszystkie elementy zestawu połączone są linami.

Kolejność wydania zestawu połowowego jest następująca:

chorągiewka → lina łącząca → kotwica → liny łączące → sieć → liny łączące → kotwica → lina łącząca → chorągiewka (Ryc. 3.2).



Ryc. 3.2. Schemat sposobu wystawienia sektorowej sieci skrzelowej

Zestaw połowowy wydaje się z jednostki poruszającej się z prędkością 1–2 węzłów.

Wybieranie zestawu odbywa się w kolejności odwrotnej do wydawania, zawsze pod wiatr. Przy wybieraniu zestawu połowowego jednostka powinna poruszać się z prędkością 0,8 – 1 węzła.

Wydawanie i wybieranie zestawu połowowego można wykonać ręcznie (Ryc. 3.3) lub, szczególnie na większych jednostkach z zastosowaniem urządzeń mechanicznych ułatwiających pracę (Ryc. 3.4).

Po wybraniu sieci, znajdujące się w niej ryby należy wypłatać i umieścić w oznakowanych pojemnikach, osobno ryby z każdego panelu. Tak zebrane ryby stanowią materiał do przeprowadzenia analiz ichtiologicznych (przede wszystkim masowej i szczegółowej).



Ryc. 3.3. Ręczna obsługa sektorowych sieci skrzelowych: a) wydawanie; b) wybieranie, (fot. A Lizińska)



Ryc. 3.4. Zautomatyzowana obsługa sektorowych sieci skrzelowych: a) wydawanie; b) wybieranie, (fot. A. Lizińska)

### **Narzędzia pułapkowe**

Narzędzia pułapkowe, podobnie jak sieci skrzelowe, należą do narzędzi stawnych biernych. Sposób oznakowania pułapek pozostawionych na łowisku jest taki sam jak w przypadku sieci skrzelowych. Narzędzia pułapkowe zawsze wystawiane są na dnie. Ze względu na swoją



konstrukcję zawsze muszą być mocno napięte. Pułapka składa się z dwóch części: naprowadzającej i usidlającej. Część naprowadzająca to przegroda z tkaniny sieciowej (górze usplawniona, dół obciążony). Ryba napotykając przegrodę, próbuje ją ominąć płynąc równolegle do niej i jest naprowadzana do części usidlającej. Część usidlająca to rozpięte na stalowym lub wykonanym z tworzywa sztucznego stelażu komory o stożkowych wejściach (Ryc. 3.5). Część usidlająca stanowi kilka takich komór położonych jedna za drugą. Ryba po wejściu do części usidlającej ma bardzo małe szanse na odnalezienie wyjścia.

Narzędzia pułapkowe pozostawiane są na łowisku na kilka do kilkunastu dni.

Wydawanie narzędzi pułapkowych odbywa się zawsze ręcznie, przy prędkości jednostki połowowej do 2 węzłów. Przy wybieraniu możliwe jest zastosowanie wyciągarek mechanicznych jedynie do wybierania lin. Pułapki muszą być wybierane ręcznie.

Po wybraniu pułapek (Ryc. 3.6), znajdujące się w niej ryby należy wysypać z części usidlającej i umieścić w oznakowanych pojemnikach, osobno ryby z każdej pułapki. Tak zebrane ryby stanowią materiał do przeprowadzenia analiz ichtiologicznych (przede wszystkim masowej i szczegółowej).



Ryc. 3.5. Część usidlająca narzędzia pułapkowego, (fot. P. Bałazy)



Ryc. 3.6. Narzędzia pułapkowe z uwięzionymi rybami, wyciągnięte na nabrzeże, (fot. M. Sapota)

### **Włoki rozprzowe (beamtrawl)**

Włoki rozprzowe są narzędziami aktywnymi, podążającymi za rybami. Włók rozprzowy składa się ze stalowej ramy z dwoma płozami na której rozpięty jest worek w tkaniny sieciowej. Nazwa włoka pochodzi od rozprza – belki/rury łączącej obie płozy. Szerokość wlotu ramy jest jednocześnie szerokością włoka. Maksymalna szerokość stosowanych obecnie włoków dochodzi do 6 m., choć najczęściej stosowane są dwu, trzy i czterometrowe.

Włók rozprzowy wydawany jest na jednej linie trałowej (Ryc. 3.7). Może być wydawany z rufy jednostki trałującej lub na bomie z burty. W przypadku trałowania z burty możliwe jest wydanie dwóch włoków z obu burt. Prędkość jednostki trałującej powinna wynosić od 2,5 do 4 węzłów. Długość wydanej liny trałowej powinna wynosić co najmniej trzykrotną głębokość (długość liny należy mierzyć od powierzchni wody, nie od bloku prowadzącego). Istnieje możliwość wydania mniejszej ilości liny, w przypadku gdy zastosowany zostanie system USBL i potwierdzi on poruszanie się włoka po dnie. Trały naukowo-badawcze nie powinny trwać dłużej niż pół godziny.

Po podniesieniu włoka nad pokład (Ryc. 3.8) wszystkie złowione ryby wysypuje się z worka włoka i umieszcza w jednym pojemniku. Tak zebrane ryby stanowią materiał do przeprowadzenia analiz ichtiologicznych (przede wszystkim masowej i szczegółowej).

Wyniki połowu przelicza się na wielkość przetrałowanej powierzchni, którą uzyskuje się mnożąc długość zaciągu [m] przez rozwartość włoka [m].





Ryc. 3.7. Opuszczenie włoka rozprzewego na dno, (fot. M. Sapota)



Ryc. 3.8. Włok rozprzowy podniesiony ponad rufę jednostki połowowej, (fot. A. Dziubińska)

Wszystkie narzędzia połowowe służące do połowów ryb należy czyścić wodą pod dużym ciśnieniem (można stosować wodę morską) (Ryc. 3.9). Wypłukanych narzędzi nie powinno się suszyć na słońcu. Promieniowanie UV i podwyższona temperatura powodują niszczenie tworzyw sztucznych, z których zbudowane są współczesne tkaniny sieciowe.

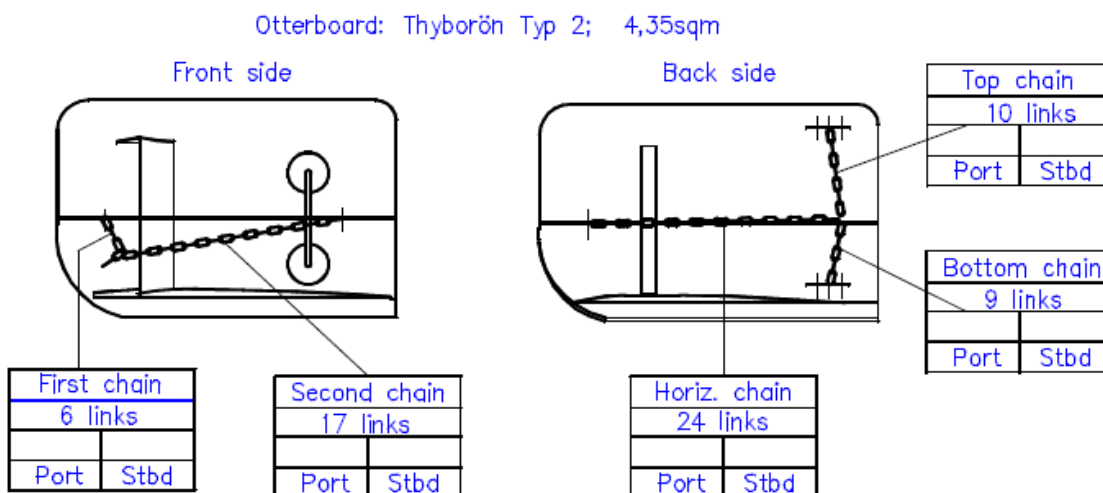


Ryc. 3.9. Czyszczenie narzędzi pułapkowego, (fot. A. Dziubińska)

### **Włoki rozpornicowe**

Włoki rozpornicowe są to aktywne narzędzia do połowu ryb. Ich rozwarcie zapewniane jest przez rozpornice (deski trałowe). Włók wydawany jest z rufy na dwóch linach trałowych, obsługiwanych przez wyciągarki trałowe. Do lin trałowych przymocowane są rozpornice (Ryc. 3.10). Z drugiej strony rozpornic przymocowane są liny prowadzące włoka (tzw. słomiaki). Słomiaki łączą deski trałowe ze skrzydłami włoka. Skrzydła włoka przechodzą w worek zakończony matnią. Wielkość oczek we włoku zmniejsza się od skrzydeł do matni (najmniejsze oczka występują w matni).

Na statku *Oceanograf* do wydawania włoków dennych i pelagicznych stosuje się te same rozpornice Thyboron 2–100 (w zależności od typu włoka zmieniany jest układ łańcuchów służących do połączenia rozpornicy z linami trałowymi).



Ryc. 3.10. Schemat budowy rozpornic (desek trałowych) Thyboron 2–100

Włoki nawinięte są na bębnach wyciągarek sieciowych znajdujących się na pokładzie roboczym. Na prawoburtowej wyciągarce znajduje się włók denny a na lewoburtowej włók pelagiczny.

W celu wydania włoka należy:

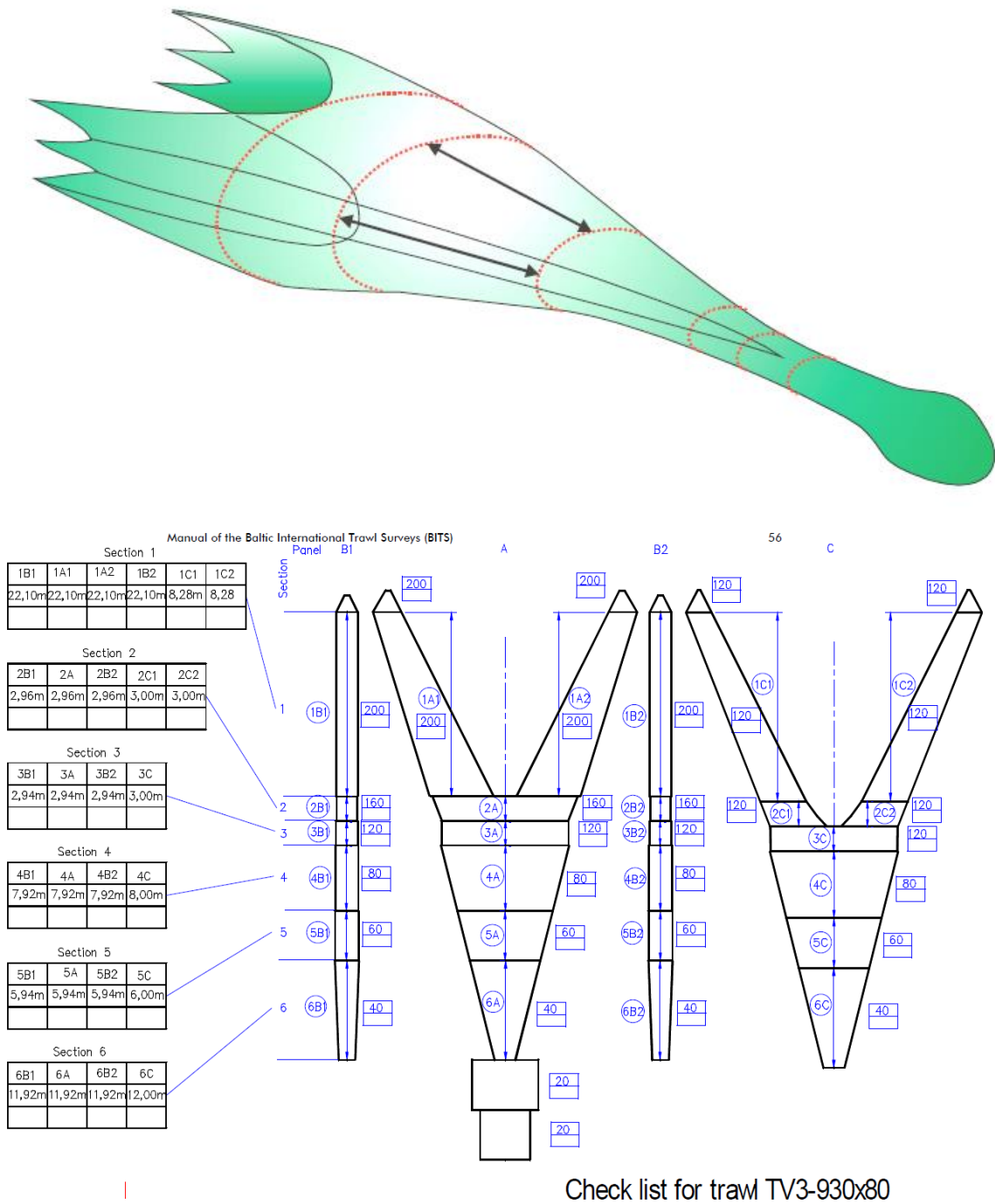
- uruchomić wyciągarkę sieciową,
- zdjąć koniec włoka z bębna windy,
- zawiązać worek włoka,
- umieścić zawiązaną końcówkę włoka w wodzie za rufą statku (statek powinien poruszać się do przodu z prędkością około 2 węzłów),
- wydać włók do wody do momentu pojawienia się na pokładzie skrzydeł włoka,
- w części środkowej nadbory (górną część włoka) przymocować przetwornik echosondy sieciowej, połączony z kabloloiną wydawaną z wyciągarki kabloliny,
- kontynuować wydawanie skrzydeł, jednocześnie przyczepiając do nadbory pływaki (podbora – dolna część włoka, jest obciążona przymocowanymi na stałe łańcuchami,
- po wydaniu skrzydeł włoka wydawać słomiaki,
- przy pomocy lin pomocniczych połączyć słomiaki z rozpornicami,
- zwolnić liny łączące słomiaki z wyciągarkami sieciowymi,
- wyłączyć wyciągarki sieciowe,
- włączyć wyciągarki trałowe,
- wydawać liny trałowe do momentu osiągnięcia przez włók odpowiedniej głębokości i rozwartości (parametry te kontroluje się przy pomocy echosondy sieciowej).

Wybieranie włoka przebiega w kolejności odwrotnej do wydawania. Po rozwiązaniu worka, złowione ryby wysypuje się z worka włoka do pojemników.



## Włók rozpornicowy denny TV3-930x80

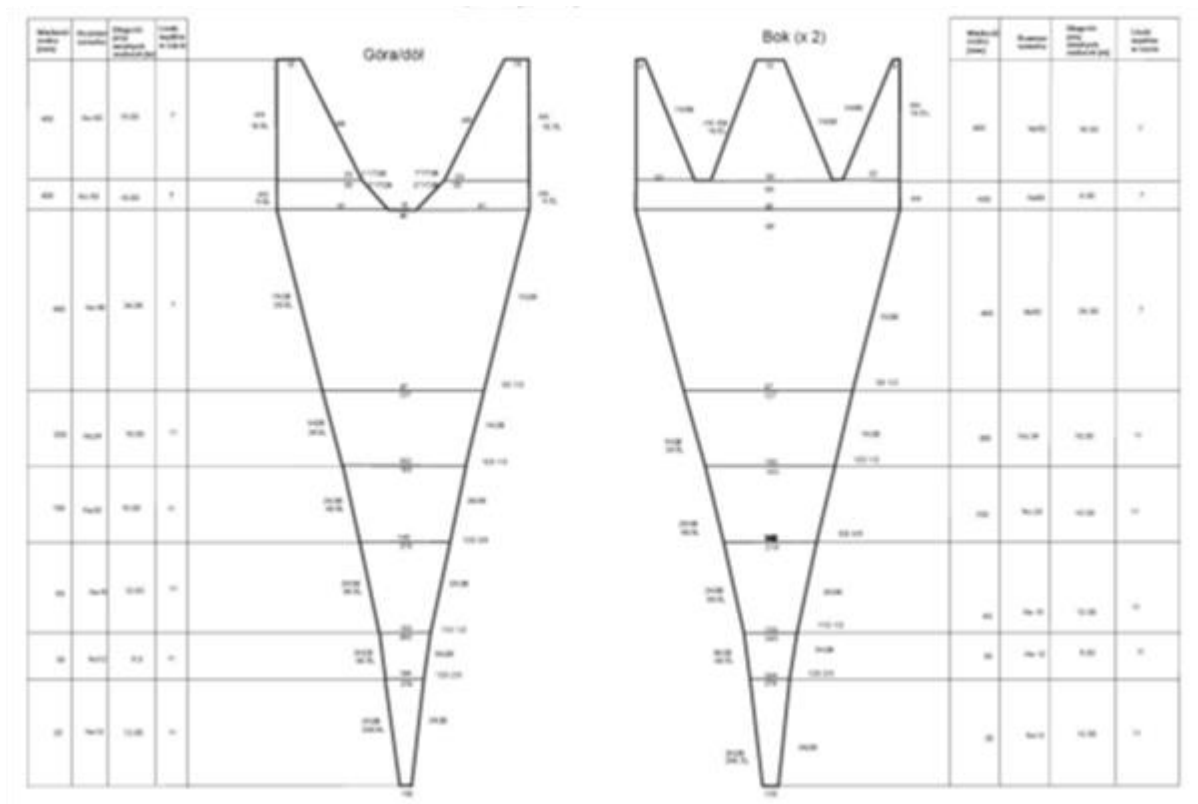
Włók rozpornicowy denny TV3-930x80 zgodny jest z zaleceniami ICES zawartymi w WGBIFS BITS MANUAL 2011 Manual for the Baltic International Trawl Surveys March 2011 Kaliningrad, Russia (Ryc. 3.11). Jest to włók używany standardowo do naukowych trałowń dennych na Bałtyku. Wkładka drobnooczkowa w worku ma oczka o 6 mm boku. Rozzarcie poziome wynosi średnio 30 m, pionowe 20 m. Czas jednego zaciągu wynosił do 30 minut, przy prędkości statku 2,5–3 węzłów.



Ryc. 3.11. Schemat budowy włoka dennego TV3-930x80

## Włók pelagiczny WP53/64x4

Włók pelagiczny WP53/64x4 (Ryc. 3.12) z wkładką drobnooczkową o 6 mm boku oczka, w worku, o rozwarciu poziomym średnio 18 m i pionowym 15 m. Czas jednego zaciągu wynosił 30 minut, przy prędkości statku 3–3,5 węzła.



Ryc.3.12. Schemat budowy włoka dennego WP53/64x4

Wszystkie narzędzia połowowe służące do połowów ryb należy czyścić wodą pod dużym ciśnieniem (można stosować wodę morską). Wyplukanych narzędzi nie powinno się suszyć na słońcu. Promieniowanie UV i podwyższona temperatura powodują niszczenie tworzyw sztucznych, z których zbudowane są współczesne tkaniny sieciowe.

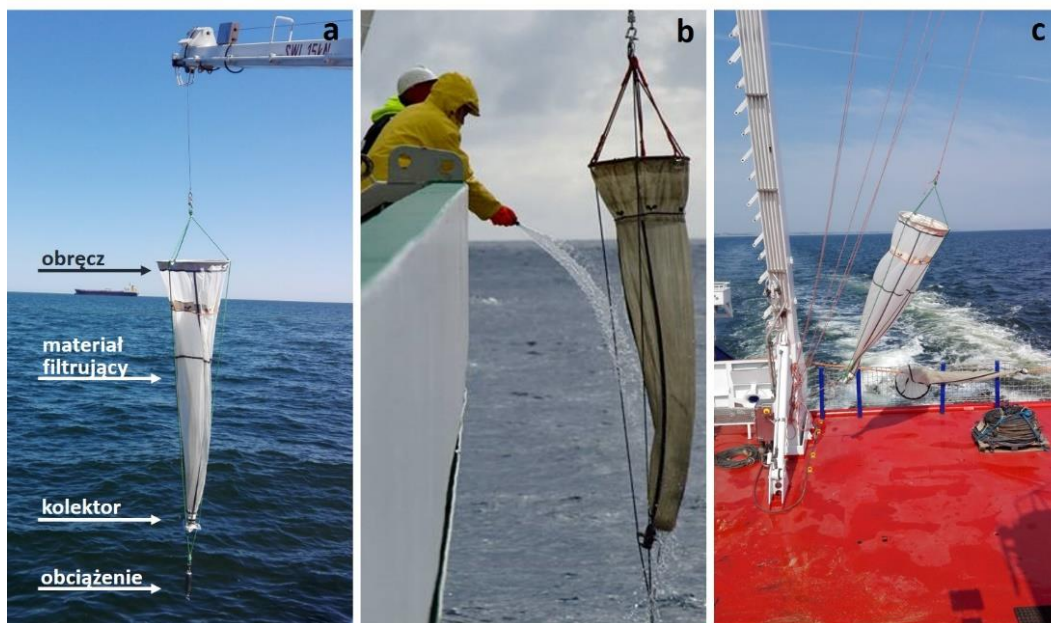
### 3.2. Sieci planktonowe

(A. Błaszczyk, M. Mańko, A. Panasiuk)

Sieci planktonowe są szeroko stosowanymi urządzeniami umożliwiającymi pobieranie próbek fitoplanktonu i zooplanktonu.

#### Budowa sieci planktonowej

Sieci do pobierania planktonu mają długi lejkowaty kształt, który pozwala zbierać organizmy o różnej wielkości, w zależności od średnicy oczek części cedzącej. Standardowa sieć planktonowa składa się z worka, wykonanego z gazy, w kształcie stożka. Część wlotowa wyposażona jest w metalowy lub plastikowy pierścień, na końcu sieci znajduje się kolektor – pojemnik zbierający plankton (Ryc. 3.13). Szersza, wlotowa, część siatki przymocowana jest do liny stalowej będącej elementem wyciągarki. Na końcu liny holowniczej przymocowany jest ciężarek. Stosunek długości sieci do średnicy wlotu powinien wynosić od 3:1 do 5:1. Przednia i tylna część sieci wzmocniona jest dodatkowymi mankietami tekstylnymi.



Ryc. 3.13. Sieć planktonowa typu WP2; a) typowe elementy budowy sieci planktonowej, (fot. A. Błaszczyk); b) płukanie sieci, (fot. A. Barańska); c) suszenie sieci, (fot. A. Błaszczyk)

Materiał filtracyjny zastosowany w sieciach planktonowych powinien wykazywać odporność na czynniki fizyczne i chemiczne. Gazy stosowane w sieciach wykonane są zazwyczaj z włókien syntetycznych, takich jak nylon, czy poliester. Włókna te zachowują wytrzymałość w temperaturach od poniżej 0°C do 100°C. Oba materiały są nietoksyczne i odporne na wiele związków chemicznych, w tym chlorowane węglowodory i ketony (np. aceton). Poliester jest bardziej odporny niż nylon na kwasy, podczas gdy nylon jest bardziej

odporny na zasady. Materiały te są rozpuszczalne przez fenol i niektóre inne związki organiczne. Światło słoneczne i silne wybielacze, a także środki utleniające degradują włókna nylonowe i sprawiają, że siatka staje się sztywniejsza, podczas gdy gazy poliestrowe pozostają prawie nienaruszone. Sieci planktonowe wykonane z gazy nylonowej należy zatem przechowywać w ciemnym miejscu.

### **Właściwości filtracyjne sieci**

Materiały stosowane w sieciach planktonowych produkowane są w szerokiej gamie rozmiarów, począwszy od dużych oczek większych niż 5 mm, do bardzo drobnych oczek o średnicy od 0,5  $\mu\text{m}$ . Gazy, stosowane w sieciach planktonowych, powinny mieć kwadratowe oczka o stałej wielkości. W wyniku użytkowania oczka sieci mogą ulec odkształceniu, stąd wskazane jest, by okresowo zbadać siatkę pod mikroskopem w celu określenia wielkości i jednorodności oczek (Tangen, 1978).

Skuteczność filtrowania gazy jest funkcją porowatości (swobodnej powierzchni przesiewania), którą określa stosunek między powierzchnią otwartą a powierzchnią całkowitą. W przypadku sieci o drobnych oczkach procent porowatości jest bardzo niski. Właściwości filtracyjne sieci zależą również od składu gatunkowego planktonu, np. w przypadku gatunków tworzących struktury łańcuchowe albo gatunków z kolcami lub rozbudowanymi wyrostkami. Ponadto sam plankton może tworzyć cienką warstwę wewnątrz sieci, co skutkuje zatrzymaniem małych pojedynczych organizmów, które w innych warunkach nie są wyłapywane. Ze względu na selektywne właściwości filtrujące sieci, nie należy stosować ich do ilościowego pobierania fitoplanktonu. W przypadku próbek zooplanktonu, opracowane metody umożliwiają obliczenie objętości przefiltrowanej wody (przepływomierze), a tym samym ilościową analizę próbek.

Zalety sieci planktonowych:

- możliwość filtrowania dużych objętości wody,
- pozwala na „wychwycenie” rzadszych taksonów (względem np. batometru),
- dzięki zagęszczeniu dużej ilości organizmów dodatkowa sedimentacja próbki badanej nie jest wymagana,
- łatwość w zaciągu z brzegu lub z jednostki pływającej (w przypadku małych sieci planktonowych).

### **Metody pobierania próbek**

Próbkę planktonu uzyskuje się z określonej warstwy głębokości, holując sieć poziomo lub pionowo, podczas gdy ciężar utrzymuje siatkę na wybranej głębokości; do monitorowania głębokości sieci podczas holowania można użyć rejestratora głębokości. Prędkość holowania nie powinna przekraczać 1 m/s (1–2 węzły). Jeśli prędkość holowania jest zbyt duża, nacisk na sieć może skutkować pęknięciem materiału filtrującego i uszkodzeniami organizmów. Przy stosowaniu sieci z drobnymi oczkami (mniej niż 20  $\mu\text{m}$ ) zalecane są niższe prędkości, najlepiej poniżej 0,3 m/s (0,5 węzła). Sieci, które są wyposażone w niefiltrujący stożek z przodu lub

długie sieci mogą być holowane z nieco większą prędkością niż standardowa sieć o tej samej porowatości.

W zaciągu pionowym próbka pobierana jest z całego słupa wody lub z jego części. Sieć jest opuszczana z zakotwiczonego lub dryfującego statku na pożądaną głębokość i powoli ponownie podnoszona. Jeśli ciężar jest przymocowany do liny holowniczej przed siatką, siatka również filtruje wodę po opuszczeniu; sieci z obciążeniem zamocowanym na końcu siatki zbierają plankton tylko wtedy, gdy są holowane.

Plankton zbierany jest do kolektora zamontowanego na dolnej części sieci planktonowej. Po zaciągu kolektor sieci jest opróżniany, a organizmy planktonowe zbierane do pojemnika/kolektora. Dodatkowo plankton przylegający do siatki jest wymywany z zewnętrznej lub wewnętrznej powierzchni sieci wodą morską. Do płukania sieci nie należy stosować wody słodkiej, gdyż może ona niszczyć organizmy, zwłaszcza pochodzenia morskiego.

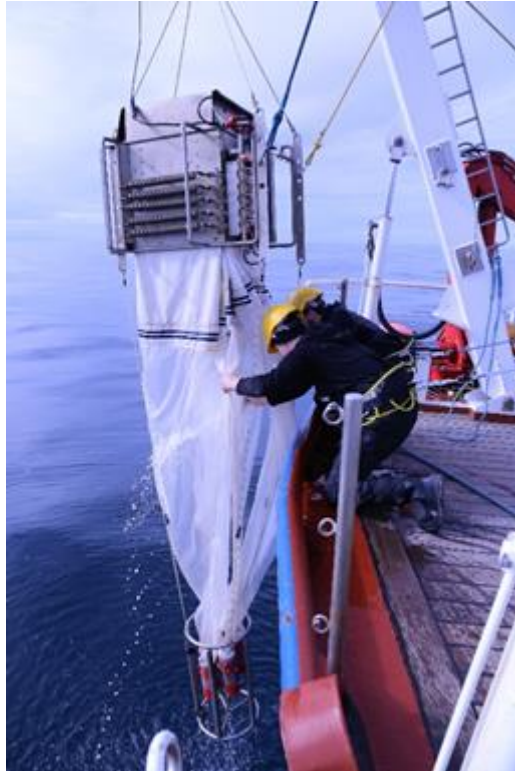
W przypadku gdy konieczne jest pobranie próbki planktonowej z określonej warstwy kolumny wody (np. 20–10 m lub 30–20 m) sieć planktonowa zostaje doposażona w tzw. zamykacz sieci. Urządzenie to zwane również zwalniczem umożliwia „ręczne” zamknięcie sieci na zadanej głębokości. Zamknięcie sieci następuje poprzez uderzenie w zamykacz tzw. posyłacza, który grawitacyjnie zostaje opuszczony po stalowej linie w głąb kolumny wody, a następnie uderzając z zamykacz uruchamia się system zamykania sieci. Wadą w stosowaniu tego typu systemu zamykania jest to, iż do próbkowania każdej warstwy jest konieczne ponowne wyciągnięcie i opuszczenie sieci do toni wodnej. Sieci planktonowe o bardziej rozbudowanej budowie (np. MultiNet) wyposażone są zazwyczaj w automatyczny /elektroniczny system zamykania, co powoduje, że sieć może być opuszczona do wody tylko jeden raz, a próbki mogą być pobrane jednocześnie z kilku warstw kolumny wody.

## MultiNet

MultiNet (ang. *Multiple Plankton Sampler*) to nowoczesny, zintegrowany system pięciu sieci planktonowych, służących do równoczesnego zbioru sekwencyjnych próbek zooplanktonu, np. z różnych warstw głębokości wody (maksymalne zanurzenie sieci to 6 000 m).

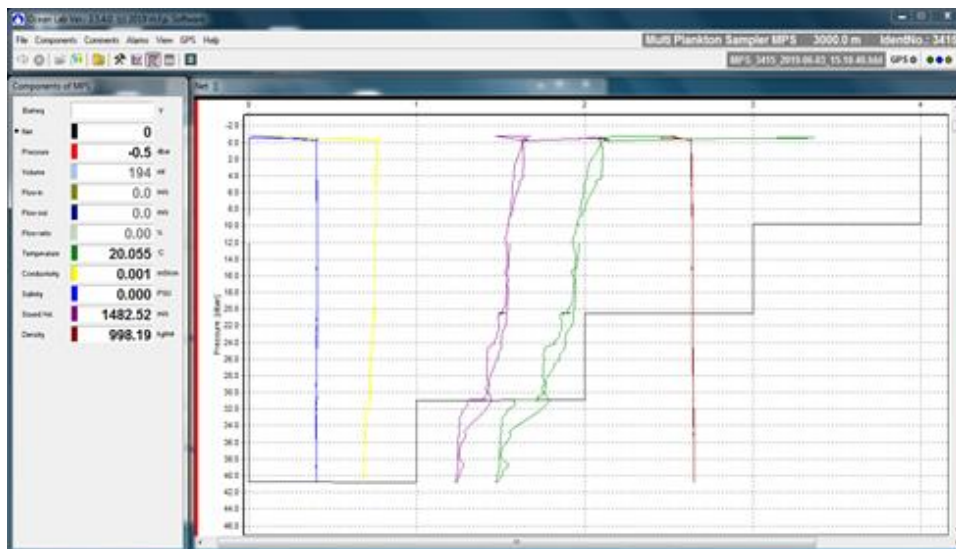
System MultiNet został stworzony przez niemieckiego producenta oceanograficznej aparatury badawczej Hydro-Bios i jest dostępny w czterech rozmiarach, różniących się powierzchnią wlotu do sieci. Na wyposażeniu statku *r/v Oceanograf* jest MultiNet Midi, o powierzchni wlotu 0,25 m<sup>2</sup>, na który składa się kosz ze stali nierdzewnej z dopiętymi pięcioma sieciami planktonowymi, na końcu których znajdują się kolektory, do których wychwytywany jest zooplankton (Ryc. 3.14). Ta część systemu nazywana jest *Underwater Unit* (UU). W standardowej wersji UU zintegrowana jest z dodatkowymi sensorami, m.in. sondą CTD, chociaż zestaw też może być dalej rozbudowywany, np. o mierniki fluorescencji. Dodatkowym elementem UU jest depresor – niewielkie skrzydło dociążające i sterujące, służące do wykonywania zaciągów poziomych. Do poprawnego działania MultiNet'u niezbędna jest również pokładowa jednostka sterująca, tj. *Deck Command Unit* (DCU), która pozwala na zdalne zamykanie kolejnych sieci.





Ryc. 3.14. Podejmowanie pięciosięciowego MultiNet'u Midi z wody po zakończeniu zbioru zooplanktonu, (fot. M. Mańko)

Obsługa MultiNet'u wymaga użycia specjalistycznego oprogramowania stworzonego przez Hydro-Bios, nazywającego się OceanLab. Z poziomu oprogramowania OceanLab, możliwe jest odczytywanie wskazań sondy CTD oraz głębokości zanurzenia sieci w czasie rzeczywistym pracy UU. Pozwala to na uzyskanie pełnej kontroli nad głębokością i czasem zamykania poszczególnych sieci (Ryc. 3.15).



Ryc.3.15. Zrzut ekranu pokazujący działanie programu OceanLab v.3.5.4.0., wraz z wykresem pokazującym przebieg parametrów środowiskowych oraz momentem otwarcia kolejnych sieci

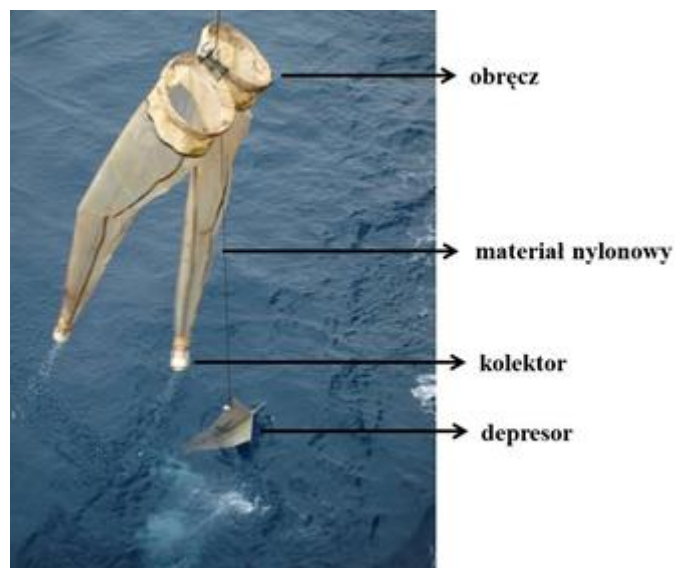
Przygotowanie MultiNet'u do pracy należy rozpocząć od podłączenia UU (na pokładzie) do DCU (w laboratorium mokrym) przy użyciu kabloliny. Następnie należy przypiąć sieci do UU, wraz z dodatkowym oprzyrządowaniem, w zależności od sposobu zbioru zooplanktonu (zbiór pionowy/wertykalny – sieci i umieszczone w stalowym koszu plastikowe kolektory; zbiór poziomy/horyzontalny – sieci, materiałowe kolektory oraz depresor). DCU należy podłączyć do komputera przy pomocy złącza USB, po czym powinno się uruchomić komputer. Dopiero w tym momencie włącza się UU, napina się sieci (zaczynając od ostatniej) oraz zakłada się dźwignię blokady sprężyn, którą zwalnia się dopiero przed zanurzeniem MultiNet'u. Po przygotowaniu UU, należy uruchomić program OceanLab, w którym klikając przycisk ACTION, zamyka się kolejne sieci (zamknięcie sieci powoduje również analogiczny przycisk na DCU). Obsługą MultiNet'u zajmuje się załoga *r/v Oceanograf*, przy czym, rolą załogi naukowej jest nadzorowanie głębokości zanurzenia sieci oraz maksymalnej prędkości jej holowania (dla sieci o średnicy oczka 100  $\mu\text{m}$  przy zaciągu pionowego 1  $\text{m s}^{-1}$ ; dla horyzontalnego maksymalnie 4 węzły).

Po wyciągnięciu MultiNet'u z wody, należy dokładnie przepłukać sieci wodą morską celem przesunięcia, zebranego w nich zooplanktonu, bezpośrednio do kolektorów. Następnie opuszcza się cały UU na pokład i odbiera się kolektory, które powinny zostać przetransportowane jak najszybciej do laboratorium mokrego. Ważnym jest, aby po zakończeniu zbioru zooplanktonu, zapisać dane zarejestrowane w programie OceanLab na komputerze, tak żeby mieć do nich dostęp w czasie analizy wyników. OceanLab zapisuje rejestry pracy w plikach o rozszerzeniu *.hbl*.

### **Sieć planktonowa typu Bongo**

Sieć planktonowa typu Bongo składa się z dwóch sieci zamontowanych obok siebie. Sieć ta trałowana jest horyzontalno-wertykalnie w toni wodnej, ciągnięta przez jednostkę pływającą. Korzystając z sieci typu Bongo, badacz może pracować z dwoma, różnymi wielkościami oczek części cedzącej, co powoduje, że możliwe jest prowadzenie badań jednocześnie organizmów w różnych klasach wielkości. Obręcz pojedynczej sieci Bongo ma zazwyczaj średnicę 60 cm, natomiast wielkość oczek części cedzącej może być różna, od 10 do nawet 1 000  $\mu\text{m}$  – dobór wielkości oczek w każdej z sieci uzależniony jest od obiektu badań oraz próbkowanego akwenu. Sieć typu Bongo stosuje się w połączeniu z 22 kg depresorem, aby wytworzyć 45° kąt pracy sieci (Ryc. 3.16).

Zalety sieci typu Bongo: umożliwia jednoczesne próbkowanie zooplanktonu w różnych klasach wielkości, prostota obsługi. Sieć typu Bongo ma zastosowanie w badaniach zooplanktonu, ale przede wszystkim stosowana jest do próbkowania ichtioplanktonu.



Ryc. 3.16. Sieć planktonowa typu Bongo, charakterystyka budowy, (fot. A. Barańska)

Prędkość jednostki pływającej niezbędna do holowania sieci Bongo w celu uzyskania kąta pracy  $45^\circ$  nie powinna przekraczać 1,5–2,0 węzłów. Sieć powinna być wypuszczana do wody z prędkością 50 m/min. Gdy sieć Bongo osiągnie żadaną głębokość, powinna być wyciągana z prędkością 20 m/min – przy czym co 10 m powinien być notowany kąt nachylenia liny stalowej, aż do osiągnięcia przez sieć poziomu powierzchni wody. Czas wyciągania sieci np. z głębokości 300 m powinien wynosić 15 minut 30 sekund (Harris i in., 2000). Podczas stosowania sieci typu Bongo należy zaopatrzyć się w zegarek z funkcją stopera, bądź stoper – zarejestrowany powinien być bowiem czas opuszczenia sieci do wody, osiągnięcia głębokości docelowej i czas powrotu na powierzchnię. Dane z przepływomierza (ang. *flowmeter*) powinny zostać zapisane przed opuszczeniem sieci do wody i po jej wyciągnięciu. W dalszej kolejności zawartość kolektorów jest opróżniana do butelek, a kolektory muszą zostać opłukane. Płukana jest również cała sieć (Ryc. 3.17).



Ryc. 3.17. Sieć planktonowa typu Bongo w trakcie płukania, (fot. A. Panasiuk)

### **Czyszczenie sieci planktonowych**

Po pobraniu próbek, każdą sieć planktonową należy jak najszybciej dokładnie umyć, w następującej kolejności: 1) płukanie słodką wodą w celu usunięcia organizmów i soli, 2) mycie środkiem czyszczącym rozpuszczonym w słodkiej wodzie, 3) płukanie słodką wodą w celu usunięcia środka czyszczącego.

Po umyciu, sieć należy wysuszyć na powietrzu i przechowywać w ciemnym, chłodnym miejscu. Należy zachować ostrożność, aby nie dopuścić do narażenia sieci nylonowej na działanie promieni słonecznych podczas suszenia. Mimo czyszczenia, fragmenty planktonu mogą pozostać w gazie, mankietach lub szwach sieci. Niektóre z nich następnie mogą zanieczyścić późniejsze próbki pobrane tą samą siecią. Aby ograniczyć niepewność co do geograficznego rozmieszczenia gatunków, korzystanie z jednej konkretnej sieci powinno być ograniczone do określonego obszaru geograficznego lub akwenu.

### 3.3. Narzędzia do poboru makrozoobentosu

(K. Smolarz, H. Rzemkowska)

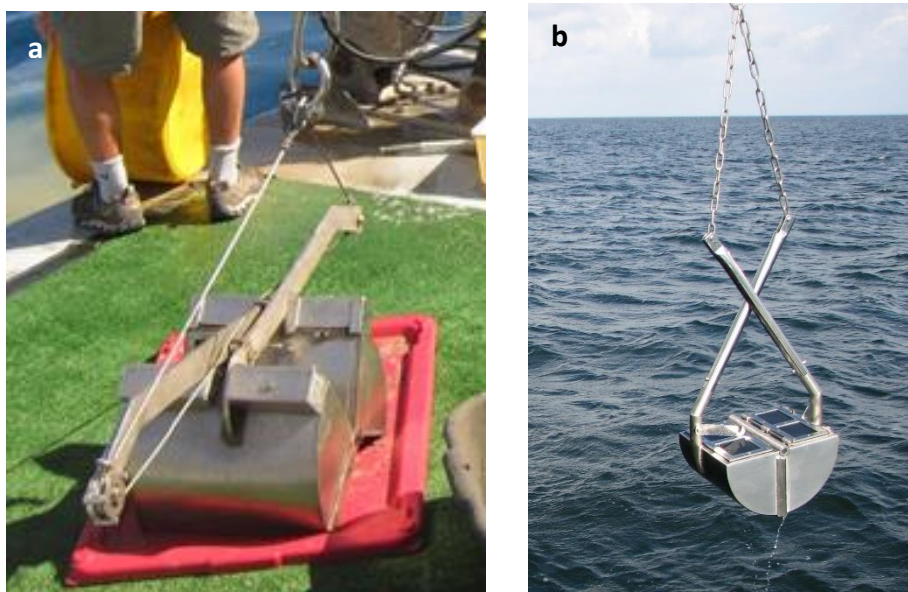
Do próbników wykorzystywanych do poboru makrofauny dennej w badaniach biologicznych należą m.in. czerpacz osadów dennych Van Veena, draga denna oraz skrzynkowy czerpak dna typu Reineck. Z uwagi na ich wagę, wydawanie sprzętów powinno odbywać się z jednostki pływającej wyposażonej w wyciąg z windą i liną nośną.

**Czerpacz Van Veena**, o powierzchni poboru  $0,1\text{m}^2$ , przeznaczony jest do pozyskiwania próbek osadu dennego z dna o typie osadów od mulistego do średnio-ziarnistego wraz z organizmami w zbiornikach wodnych. Zarówno typ osadów jak i związana z nim twardość dna wpływają na miąższość pobranej próby osadów, która wynosi od kilku do kilkudziesięciu cm i ma objętość około 15 litrów dla próby o najwyższej miąższości. Na dnie twardym zaleca się korzystanie z próbnika dociążonego ołowianymi obciążnikami. Czerpacz Van Veena jest chwytakiem szczękowym wydawanym w pozycji otwartej (Ryc. 3.18a). Jego zamknięcie następuje samoczynnie w chwili uderzenia o dno na skutek mechanicznego odblokowania zamknięcia zapadkowego, które stanowią specjalne haki spinające obie szczęki przyrządu (<https://geomor.com.pl/produkt/probnik-osadow-dennych-van-veena-kc-denmark>). Swobodny przepływ wody podczas zanurzania oraz jej usunięcie ze szczęk po opadnięciu na dno możliwe jest dzięki oknom o powierzchni oczka  $1\text{mm}^2$  znajdującym się w obu szczękach czerpacza. Lina doczepiona do dźwigara pozwala na wyciągnięcie czerpacza wraz z osadem na pokład statku (Ryc. 3.18b). Wielkość pobranej próby zależy od rodzaju i twardości dna morskiego, a także masy czerpacza. Głębokość operacyjna próbnika po dociążeniu wynosi do 200 m, masa bez próby osadów zawiera się w przedziale od 20 kg (próbnik niedociążony) do 40 kg (próbnik z dodatkowym dociążeniem). Sam próbnik jest wykonany z nierdzewnej i kwasoodpornej stali i ma wymiary 35 x 42 x 90 cm. Czerpacz Van Veena, jako obowiązkowy przyrząd w badaniach monitoringowych Bałtyku zgodnie z ustaleniami Konwencji Helsińskiej, jest szeroko stosowany na skalę międzynarodową.

Z uwagi na możliwy nieregularny typ osadu oraz obecność większych obiektów (np. kamieni), do analiz ilościowych makrobentosu (zagęszczenie na  $1\text{m}^2$  powierzchni dna, liczebność, biomasa, skład taksonomiczny) zalecany jest pobór minimum 5 prób osadów. W przypadku częściowego domknięcia się próbnika może dojść do utraty części próby, co skutkuje jej niereprezentatywnością, dlatego też taką próbę należy powtórzyć.

Aby możliwe było wyizolowanie makrozoobentosu z pobranej próby osadu, pobrany osad musi zostać przesiewany przez sito o wielkości oczek 1 mm. Sito, także zrobione ze stali nierdzewnej, ma kształt prostopadłościanu ze ściankami o wysokości około 50 cm. Na górnej powierzchni sita, w celu łatwiejszego otwarcia czerpacza i wybrania osadu, ustawiona jest stalowa krata podtrzymująca. Po wyjęciu na powierzchnię czerpacz należy opróżnić na sito pod strumieniem wody. Podczas tej operacji należy zwrócić szczególną uwagę na to, aby woda nie wyciekała z boków czerpacza. Dlatego też, podczas płukania, szczęki czerpacza blokujemy z obu stron deseczkami.





Ryc. 3.18. Czerpacz Van Veena: a) w pozycji otwartej gotowy do wydania, b) z próbką osadu z makrobentosem tuż przed wybraniem na burtę, (fot. K. Smolarz)

**Draga denna** jest próbnikiem służącym do pobierania jakościowych prób biologicznych, bentosu mobilnego oraz prób mineralnych z różnych typów dna miękkiego. Jest to typ włoka dennego o wadze około 8 kg na prostokątnym stelażu o wymiarach całkowitych 105 x 25 x 42 cm oraz gardzielą złożoną z dwóch siatek nylonowych różniących się wielkością oczka. Siatka pierwsza, o oczku 0,5 cm, znajduje się wewnątrz, natomiast druga, o oczku większym, wzmacnia siatkę właściwą od zewnątrz. Siatka chroniona jest przed uszkodzeniami dwoma ramionami prowadzącymi wykonanymi z prętów ze stali nierdzewnej  $\varnothing 10$  mm. Ramiona oraz stelaż dragi wykonane są z wysokiej jakości ze stali nierdzewnej.

Podobnie jak w przypadku czerpacza Van Veena, lina doczepiona do dźwigara pozwala na wydanie sprzętu, ciągnięcie dragi na wymaganym dystansie oraz wybranie jej wraz z próbą na pokład statku (Ryc. 3.19). Zgodnie z zaleceniami, draga denna, od momentu wydania odpowiedniej długości liny (2–3 krotność głębokości) i opadnięcia na dno, powinna być holowana na odcinku około 200 m z prędkością nie przekraczającą 1,5 węzła. Po zakończeniu wydawania narzędzia do wody i ustaleniu się parametrów holowania zrównoważenie działających sił pozwala na prawidłową pracę narzędzia. Swobodny przepływ wody podczas wydawania sprzętu, holowania po dnie oraz podczas wybierania oczyszcza próbę a siatki i prąd wody uniemożliwiają organizmom ucieczkę.



Ryc. 3.19. a) draga denna, b) próbka makrobentosu zebranego dragą denną z głębokości około 10 m, (fot. K. Smolarz)

**Czerpak skrzynkowy** dna typu Reineck (box-corer) firmy KC Denmark A/S o powierzchni czerpalnej prostokątnej  $600 \text{ cm}^3$  i głębokości penetracji 40 cm (Ryc. 3.20). Poszczególne elementy konstrukcyjne czerpaka takie jak rama główna, próbnik czy zamknięcie oraz lina doczepiona do dźwigara pozwalająca na wydawanie i wybieranie sprzętu wykonane są ze stali nierdzewnej. Podobnie jak w przypadku czerpacza Van Veena, czerpak skrzynkowy zamyka się samoistnie po uderzeniu o dno na skutek mechanicznego odblokowania zamknięcia. Głębokość operacyjna próbnika jest większa niż głębokość operacyjna czerpacza Van Veena, może dochodzić do 1000 m. Masa czerpaka z próbą osadów wynosi około 120 kg, a jego wysokość całkowita to około 300 cm. Do próbnika dostępne jest dodatkowe wyposażenie takie jak dodatkowy próbnik z otwieraną przednią ścianą i wózek do transportu próbników.



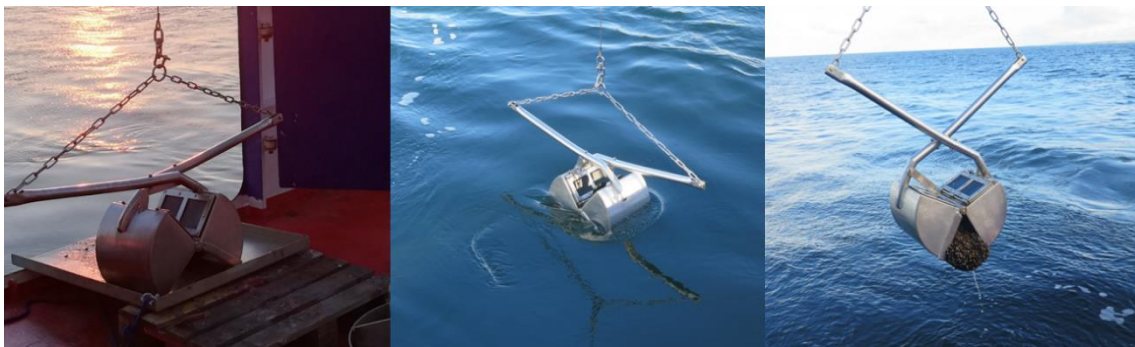
Ryc. 3.20. Czerpak skrzynkowy dna firmy KC Denmark A/S ([http://www.kc-denmark.dk/products/sediment-samplers/box-corer.aspx\\_](http://www.kc-denmark.dk/products/sediment-samplers/box-corer.aspx_))

### 3.4. Próbniki osadów

(J. Pędziński, E. Szymczak)

W pobieraniu próbek osadów z powierzchni dna morskiego, w zależności od celu badań, stosuje się różnego rodzaju próbki, począwszy od najprostszych czerpaków zgarniających osad z powierzchni dna po próbki rdzeniowe pozwalające pobrać próbki osadów o nienaruszonej strukturze. Niektóre z tych urządzeń zostały przedstawione w części dotyczącej badań organizmów bentosowych (patrz rozdział 3.3). Istnieje wiele rodzajów czerpaczy osadów dennych, które różnią się budową i mechanizmem zaciskania szczęk (np. czerpacz Van Veena, czerpacz Petersena, czerpacz Ponar czy czerpacz Ekmana).

**Czerpacz Van Veena** jest to próbnik grawitacyjny, czyli taki, który swobodnie opada na dno i wbija się w dno pod własnym ciężarem. W zależności od twardości dna, umożliwia pobieranie próbek osadów o miąższości od kilku do kilkudziesięciu centymetrów. Używając czerpacza można pobrać osady miękkie, nieskonsolidowane takie jak: piaski, muły i ły. W zależności od rozmiarów urządzenia, może być opuszczany na dno z jednostek pływających, wyposażonych w dźwigi do podtrzymywania urządzenia oraz ręcznie, nawet z pontonów. Czerpacze zbudowane są z pary szczęk, które po opadnięciu na dno wbijają się w nie i zamykają osad w środku (Ryc. 3.21).



Ryc. 3.21. Czerpacz Van Veena, (fot. K. Trzcńska)

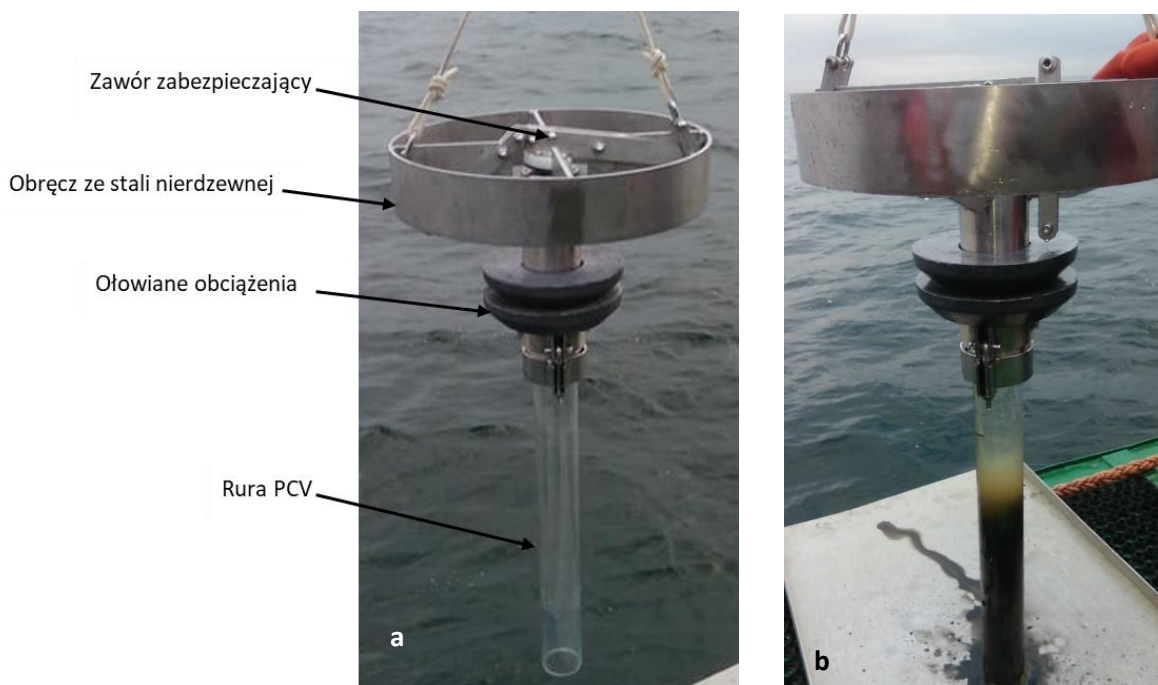
Największym problemem podczas pobierania próbek osadów dennych wykorzystując czerpacz jest utrzymanie stałej objętości próbki, a co za tym idzie utrzymanie stałej głębokości penetracji (Christie, 1975). Problem ten związany jest z uziarnieniem osadu. Głębszą penetrację w głąb osadu zauważa się podczas pobierania osadów drobnoziarnistych (mulistych, ilastych), z kolei prawie dwa razy płytszą podczas pobierania grubszych osadów (piaszczystych, żwirowych). Istotną rolę odgrywa także uwodnienie osadu. Im większy stopień uwodnienia tym czerpacz łatwiej i głębiej wchodzi w dno. Ponadto, przy pobieraniu próbek z większych głębokości zdarza się, że czerpacz uderza w dno pod pewnym kątem, co wpływa na zmniejszenie objętości pobieranej próbki, jak również na strukturę osadu, znacznie ją zaburzając. Może również powodować niedomknięcie szczęk i utratę części materiału podczas podnoszenia czerpacza. Co więcej, odchylenia czerpacza od pionu mogą również wynikać ze



zróznicowanej rzeźby dna. Innymi problemami z jakimi można się spotkać podczas próbkowania dna przy użyciu czerpacza to m. in. resuspensja cząstek osadowych, spowodowana uderzeniem urządzenia o dno morskie, niedomknięcie szczęk, jak również przemywanie osadu w trakcie wyciągania czerpacza.

**Sondy rdzeniowe** uznawane są obecnie za jedne z najlepszych urządzeń do poboru próbek osadów o nienaruszonej strukturze (np. Bett i in., 1994). Największymi zaletami sond rdzeniowych jest mała, nieistotna resuspensja osadów, która wywołana jest uderzeniem o dno oraz większa głębokość penetracji (nawet do kilku metrów). Co więcej, rdzenie osadów można pociąć na warstwy o różnej miąższości (1 cm lub większe). Pewien problem podczas poboru osadów stanowi ich kompresja, która wywołana jest siłami tarcia między wewnętrznymi ściankami urządzenia i cząstkami osadu, co prowadzi niekiedy do zaburzenia struktury rdzenia. Do wad sond rdzeniowych można zaliczyć niedużą średnicę rdzenia, a w efekcie niedużą powierzchnię pobranego osadu.

Wśród sond używanych z jednostek pływających można wyróżnić m.in. sondy grawitacyjne, które służą do pobierania nieskonsolidowanych osadów dennych z różnych głębokości. Sonda grawitacyjna typu Rumohr-Lot zbudowana jest z obręczy wykonanej ze stali nierdzewnej, na której umieszcza się dodatkowe ołowiane obciążenie oraz z rury PCV o maksymalnej długości 120 cm (Ryc. 3.22). U góry jest ona zamykana zaworem, który zamyka się podczas wyciągania sondy na powierzchnię. Wytwarza się wówczas podciśnienie, które utrzymuje osad w rurze i zabezpiecza go przed wyslizgnięciem. Tak samo jak czerpacze sondy rdzeniowe wbijają się w dno pod własnym ciężarem.

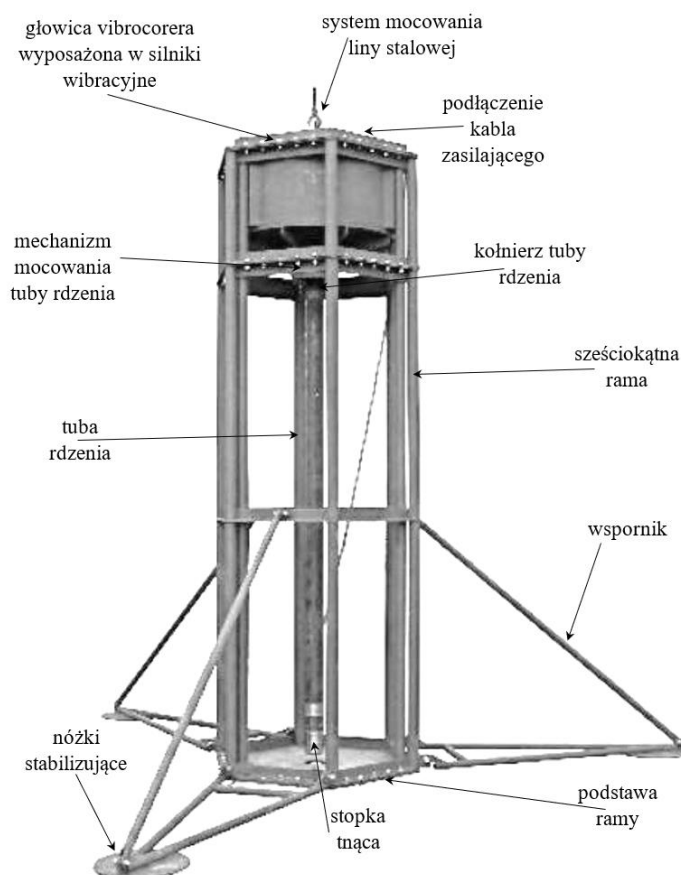


Ryc. 3.22. Grawitacyjna sonda rdzeniowa typu Rumohr-Lot: a) budowa, b) pobór rdzenia, (fot. J. Pędziński)

## Vibrosonda

Vibracoring to metoda wiercenia mechanicznego służąca do pobierania ciągłych, nienaruszonych rdzeniowych próbek z nieskonsolidowanych, luźno zagęszczonych lub słabo zlityfikowanych osadów. Odbywa się poprzez napędzanie próbnika za pomocą urządzenia wibrującego. Duże, wytrzymałe wibratory mogą pracować w akwenach o głębokości do 5 000 m i mogą pobierać próbki rdzenia o długości do 13 m (Finkl i Khalil, 2019). Rdzenie osadów są bardzo wartościowe, ponieważ umożliwiają bezpośrednie, szczegółowe badanie składu i układu warstw w sekwencjach podpowierzchniowych osadu. Badanie sekwencji osadów dostarcza informacji o środowiskach sedymentacyjnych oraz procesach, które zachodziły podczas sedymentacji.

Vibrosonda OSIL (Lightweight Vibrocorer) stanowi modułowy system do pobierania 3 m lub 6 m rdzeni osadów do maksymalnej głębokości akwenu 250 m. Konstrukcja vibrosondy OSIL składa się z (Ryc. 3.23) jednej (3 m) lub dwóch (6 m) sześciokątnej sekcji rama z sześciokątą podstawą uzbrojoną w trzy osadzone na zawiasach nóżki wspornikowe, które są pozycjonowane z wykorzystaniem ramion wspornika. Na szczycie sześciokątnej sekcji zainstalowana jest głowica vibrosondy o wysokości 56 cm, w której znajduje się silnik wibracyjny. Głowica vibrosondy w czasie pobierania rdzenia porusza się wewnątrz konstrukcji rama. Rama, wraz z podstawą, pozwala swobodnie ustawić urządzenie na dnie i zapewnia stabilność podczas pracy urządzenia.



Ryc. 3.23. Ogólny schemat vibrosondy, (<https://osil.com/product/vibrocorer-3m-12m/>)



Cała konstrukcja osiąga odpowiednio wysokość 4,5 m lub 7,4 m, szerokość 1,2 m, a u podstawy 4,7 m. W centralnej części konstrukcji montowana jest, wykonana ze stali nierdzewnej, tuba rdzenia 3 m/6 m zakończona w dolnej części gwintem i głowicą obrotową, a w górnej części kołnierzem. W tubie rdzenia montowana jest gilza PCV (o średnicy zewnętrznej 100 mm i wewnętrznej 96 mm) uzbrojona w górnej części w zawór odprowadzania jednostronnego wody podczas pobierania próbki, a w dolnej części w chwytak (pomarańczka) niezbędny do zatrzymania osadu w gilzie. Tuba rdzenia, po uzbrojeniu, montowana jest bezpośrednio do podstawy głowicy. Kabel zasilający podłączany jest do głowicy, vibrosonda opuszczana jest na dno na stalowej linie.

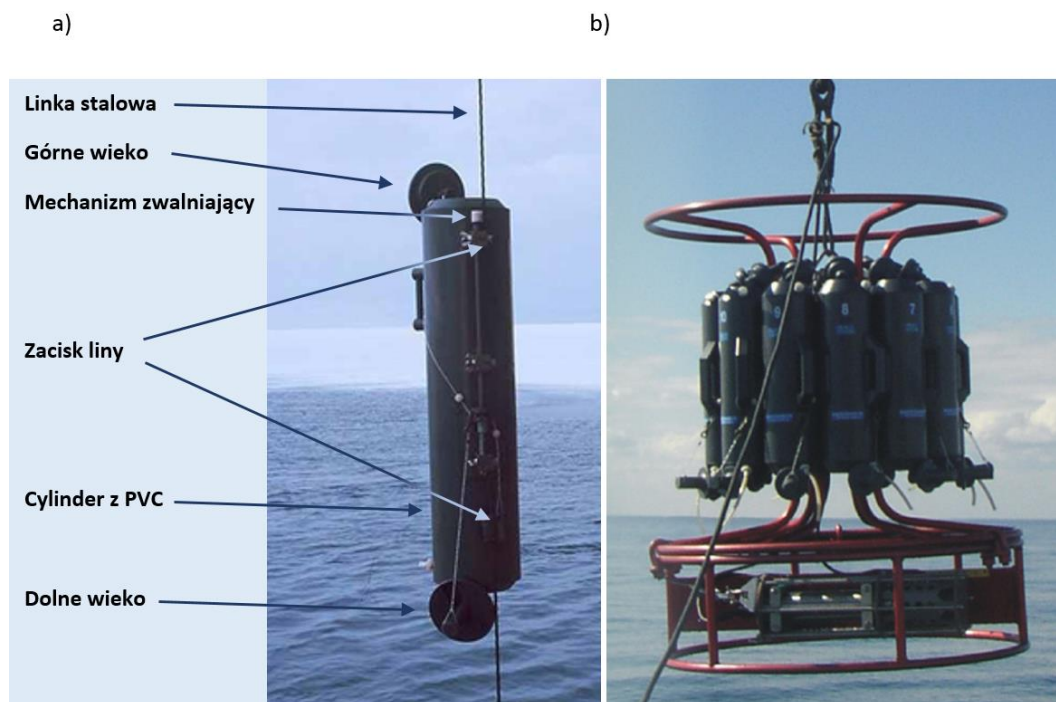
### 3.5. Pomiary w toni wodnej

(K. Łukawska-Matuszewska, M. Matciak)

#### Batometr

Batometr (butla Niskina) jest urządzeniem do pobierania próbek wody. Współczesne batometry są modyfikacją butli Nansena, która została wprowadzona do użycia w latach dwudziestych XX w. Urządzenie ma postać tuby (Ryc. 3.24a), wykonanej zazwyczaj z tworzywa sztucznego (PVC). W celu pobrania próbek z określonej głębokości urządzenie zawieszają na linie stalowej z licznikiem i opuszczają na wymaganą głębokość. Batometr jest zamykany przez mechanizm zapadkowy, który zostaje zwolniony poprzez uderzenie miedzianego ciężarka (tzw. posłańca) opuszczanego po linie. Butle mogą mieć różną objętość (od poniżej jednego litra do kilkudziesięciu litrów). Dodatkowo, szczególnie w przypadku małych butli i dużej głębokości, z której pobierane są próbki, należy obciążyć koniec linki, aby zapobiec odchyłaniu się próbnika od pionu i zapewnić rzeczywisty odczyt głębokości.

Butle mogą być połączone w zestaw – rozetę batometryczną, za pomocą którego można zebrać od 12 do 36 próbek wody z różnych głębokości podczas jednej sesji. Butle montuje się na stelażu, w którego dolnej części umieszcza się głębokościomierz (może on być umieszczony również centralnie w rozecie), aby próbki pobierać ze ściśle zaplanowanych głębokości (Ryc. 3.24b). Poszczególne batometry można zamykać z pokładu statku, za pomocą kabla (kabloliny) podłączonego do urządzenia. Sekwencję i głębokość poboru próbek można także zaprogramować przed opuszczeniem urządzenia do wody. Do stelaża rozety można zamocować zestaw podwodnych czujników przewodności, temperatury i ciśnienia (sonda CTD) w zależności od wymagań prowadzonych badań. Dzięki temu możliwy jest pomiar zasolenia i temperatury wody w trakcie pobierania próbek.



Ryc. 3.24. a) butla Niskina, b) rozeta dwunastu batometrów wraz sondą CTD

## Konduktometr

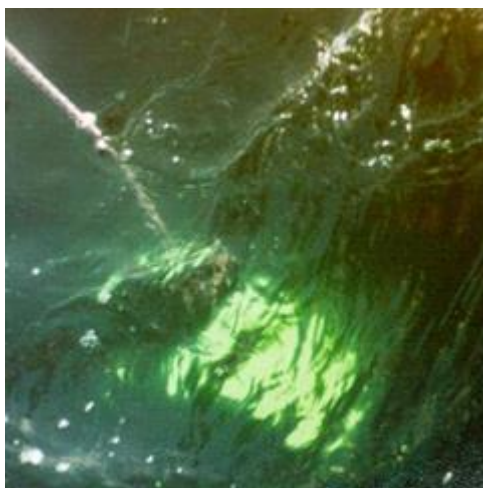
Konduktometr służy do pomiaru przewodności elektrolitycznej wody, czyli zdolności wody do przewodzenia prądu elektrycznego. Typowe czujniki stosowane w konduktometrach są zbudowane z dwóch jednakowych elektrod, które zanurza się w badanej próbce. Przyłożone do elektrod zmienne napięcie powoduje przemieszczanie się między nimi jonów zawartych w wodzie – kationy migrują do anody, a aniony do katody. Im większe zasolenie wody, tym większa przewodność i większy przepływ prądu między elektrodami. Przewodność zależy od temperatury. Wynika to z tego, że wraz ze wzrostem temperatury zwiększa się ruchliwość jonów. Większość konduktometrów ma wbudowany czujnik temperatury oraz funkcję automatycznej kompensacji temperatury. Urządzenie mierzy przewodność i temperaturę, a następnie przelicza wartość z pomiaru do wartości przewodności w temperaturze 25°C. Dzięki temu możliwe jest porównanie wyników uzyskanych różnymi czujnikami w różnych warunkach.

Konduktometry mierzą przewodność elektryczną (odwrotność oporu), której jednostką jest S (simens). Wyniki pomiaru są przeliczane na przewodność elektryczną właściwą [S/cm] wody poprzez uwzględnienie stałej K [cm<sup>-1</sup>] charakterystycznej dla danego czujnika. Zasolenie w próbce jest wyliczane z empirycznej zależności między przewodnością elektryczną właściwą a zasoleniem wody morskiej. Większość konduktometrów oprócz przewodności i zasolenia podaje także całkowitą ilość substancji rozpuszczonych [mg/l] w wodzie (ang. *total dissolved solids, TDS*).

## Krażek Secchiego

Jest to jednolity krążek zwykle o jednolicie białej powierzchni, która silnie odbija promieniowanie, używany do oceny przezroczystości wody poprzez pomiar maksymalnego zasięgu widzenia podczas jego opuszczania na linie w toni wodnej. Miarą maksymalnego zasięgu widzenia jest długość zanurzonej w wodzie części liny, gdy krążek znika z pola widzenia obserwatora.

Nazwa krążka jest związana z nazwiskiem włoskiego duchownego i fizyka Pietro Angelo Secchiego, który już w połowie XIX w. jako pierwszy poddał naukowej analizie taką metodę badania widzialności podwodnej. Średnica krążka wynosi 0,3 m, ponieważ takiego używa się standardowo na Bałtyku od czasów II Wojny Światowej (Fleming-Lehtinen i Laamanen, 2012). Lina, na której jest opuszczany posiada znaczniki w metrowych odstępach, co pozwala oszacować głębokość, na której przestaje być on widoczny. Obserwacje krążka przeprowadza się zazwyczaj znad powierzchni morza gołym okiem (Ryc. 3.25), ale podczas bardziej precyzyjnych pomiarów używa się wizjera w postaci tuby, której dolna część wyposażona w szybę zanurzona jest w wodzie. Wynik pomiaru podawany w metrach określany jest jako przezroczystość (umowna) wody lub jako głębokość Secchiego, co jest dosłownym tłumaczeniem angielskiego terminu *Secchi depth*.



Ryc. 3.25. Krążek Secchiego znajdujący się na głębokości 7 m widziany z nad powierzchni wody, maksymalny zasięg widzialności wynosił 11,0 m (zewnętrzna Zatoka Pucka, 03.1998 r.), (fot. M. Matciak)

### Miernik oświetlenia

Radiometr RAMSES ACC-VIS produkcji TriOS–Optical Sensors służy do pomiarów naturalnego oświetlenia dochodzącego z jednej strony do poziomej płaszczyzny znajdującej się w toni wodnej. Odpowiednio ustawiając miernik w pionie można wyznaczyć jej oświetlenie odgórne lub oddolne.

Formalne definicje oświetleń są podane np. w monografii Dery (2003) i oznaczają powierzchniową gęstość strumienia mocy promieniowania padającego na daną powierzchnię. Oświetlenie może odnosić się do mocy niesionej przez fale elektromagnetyczne o wybranej długości fali. Wtedy mówi się o gęstości widmowej oświetlenia, której jednostką jest  $[W m^{-2} nm^{-1}]$ . Charakterystycznym, zewnętrznym elementem czujników w miernikach oświetlenia jest mleczno-biała szybka (Ryc. 3.26). Jej powierzchnia prawie idealnie dyfuzyjnie odbija promieniowanie (tzw. powierzchnia Lambertowska).

W wyniku jednego pomiaru (skanu) miernikiem RAMSES ACC-VIS otrzymuje się gęstości widmowe oświetleń w 190 wąskich kanałach o szerokości około 3 nm w przedziale długości fal 319–952 nm, to jest obejmującym część promieniowania ultrafioletowego, całe widzialne i bliską podczerwień. Ze względu na tak dużą liczbę wyznaczanych oświetleń w zależności od długości fali charakterystyka miernika jest określana jako hiperspektralna. Czas pomiaru nie przekracza kilku sekund i jest tym dłuższy im niższe są wartości oświetleń.





Ryc. 3.26. Miernik oświetlenia RAMSES ACC-VIS ustawiony do pomiaru oświetlenia odgórnego, (fot. M. Misiewicz)

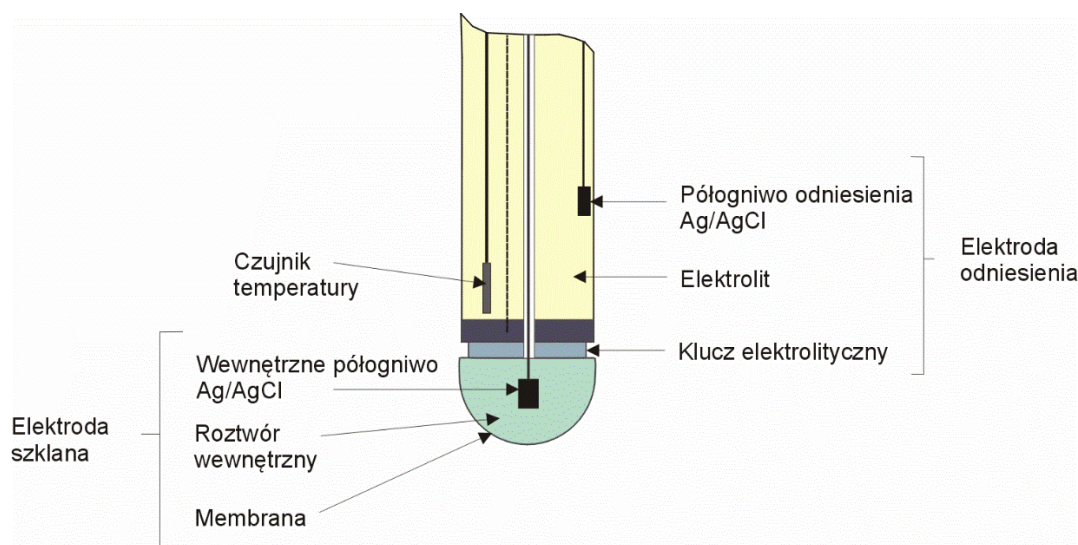
## Miernik pH

Mierniki pH są urządzeniami do potencjometrycznego pomiaru pH, w oparciu o pomiar siły elektromotorycznej (SEM) ogniwa złożonego z dwóch elektrod (elektrody odniesienia i wskaźnikowej stanowiących półogniwa) zanurzonych w badanym roztworze. Potencjał elektrody odniesienia jest stały, zatem SEM zależy od wartości potencjału elektrody wskaźnikowej związanego ze stężeniem jonów wodorowych w roztworze. SEM jest proporcjonalna do stężenia jonów wodorowych w roztworze.

Elektrodą wskaźnikową jest najczęściej elektroda szklana. Jest to jonoselektywna elektroda membranowa czuła na jony wodorowe, zbudowana z cienkościenną banieczki szklanej wypełnionej roztworem (KCl lub HCl) o znanym pH. W roztworze zanurzona jest elektroda chlorosrebrowa. Zewnętrzna część membrany szklanej znajduje się w kontakcie z próbką. Na membranie szklanej, która rozdziela dwa roztwory (buforowy i badany) o różnym stężeniu jonów wodorowych powstaje różnica potencjałów, która zależy od aktywności jonów wodorowych w próbce, a więc od pH. Jakość membrany decyduje o czułości i zakresie pomiarowym elektrody. Membrany mogą być wykonane z różnego rodzaju szkła oraz mieć różny kształt (cylindryczne, płaskie, igłowe). Jako elektrody odniesienia w pomiarach pH przy użyciu elektrody szklanej najczęściej używa się nasyconej elektrody kalomelowej lub chlorosrebrowej.

W większości pH-metrów stosuje się kombinowane elektrody pH, które w jednej obudowie zawierają elektrodę odniesienia i elektrodę szklaną. Obudowa elektrod kombinowanych może być szklana lub, w przypadku gdy wymagana jest duża odporność na czynniki zewnętrzne, wykonana z tworzywa sztucznego bądź stali nierdzewnej. Najczęściej stosowanym układem referencyjnym w elektrodach kombinowanych jest drut srebrny (Ag) pokryty chlorkiem srebra (AgCl) zanurzony w roztworze elektrolitu (KCl). Kontakt między układem referencyjnym elektrody a próbką następuje przez klucz elektrolityczny. Występują różne rodzaje kluczy elektrolitycznych, jednak klasyczne mają postać ceramicznej, odpornej

chemicznie, wkładki w obudowie elektrody. Układ pomiarowy składa się z tych samych elementów, które występują w pojedynczej elektrodzie szklanej. Na pomiar pH duży wpływ ma temperatura. Wynika to z tego, że nachylenie krzywej kalibracyjnej elektrody pH ściśle zależy od temperatury (równanie Nernsta). Temperatura wpływa także na szybkość reakcji elektrody. Dlatego kalibrację urządzenia należy przeprowadzać w temperaturze zbliżonej do temperatury próbek, w których mierzymy pH. Nowoczesne pH-metry umożliwiają automatyczną kompensację temperatury, jednak aby to nastąpiło należy podać do urządzenia temperaturę próbki. Temperaturę do urządzenia można wprowadzić ręcznie. Najlepiej jednak prowadzić jednoczesny pomiar pH i temperatury. W tym celu można podłączyć do pH-metru czujnik temperatury (Pt1000). Można także użyć elektrody kombinowanej z wbudowanym czujnikiem. Budowę takiej elektrody przedstawiono na Ryc. 3.27.



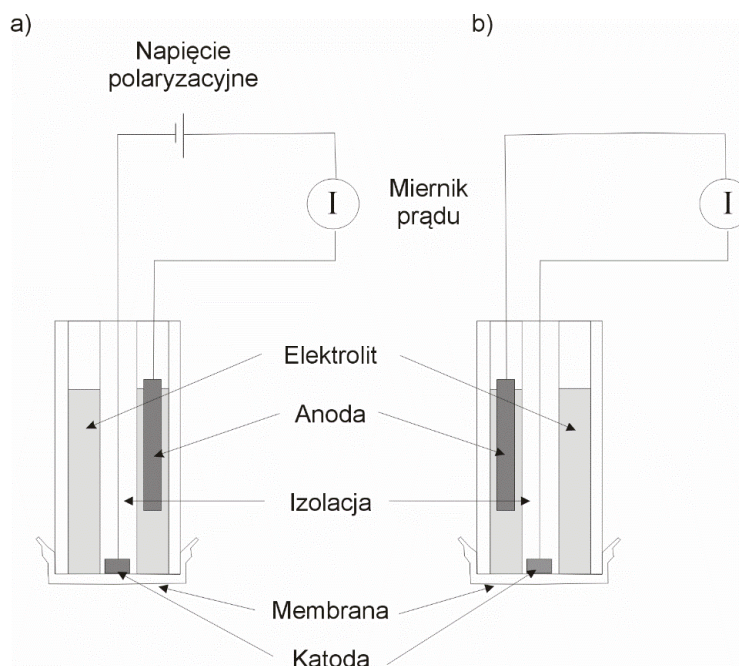
Ryc. 3.27. Budowa kombinowanej elektrody pH z wbudowanym czujnikiem temperatury, (K. Łukawska-Matuszewska)

### Miernik tlenu (tlenomierz)

Mierniki tlenu są powszechnie używane do pomiaru stężenia tlenu rozpuszczonego w warunkach terenowych. Tlenomierze są wyposażone w czujniki tlenu rozpuszczonego, które dzieli się na optyczne i elektrochemiczne.

Zasada działania czujników optycznych jest oparta na oddziaływaniu tlenu i pigmentów luminescencyjnych. Niebieskie światło emitowane przez czujnik powoduje wzbudzenie pigmentów. Elektryony zyskują energię, a następnie gdy wracają do stanu podstawowego emitują światło, które stanowi sygnał pomiarowy wychwytywany przez fotodiode. Natężenie i charakterystyka światła podlega zmianom pod wpływem rozpuszczonego tlenu w próbce. Tlen przepływający przez membranę reaguje z pigmentem, w wyniku czego następuje obniżenie intensywności luminescencji. Luminescencja jest mierzona przez fotodetektor i następnie używana do wyliczenia stężenia tlenu rozpuszczonego. W trakcie wykonywania pomiarów za pomocą czujnika optycznego nie jest wymagane mieszanie próbki. Między pomiarami czujnik przechowuje się w naczynku kalibracyjnym lub zlewce z wodą destylowaną.

Wśród czujników elektrochemicznych wyróżniamy polarograficzne i galwaniczne. Czujniki tego typu są wyposażone w anodę i katodę zanurzone w roztworze elektrolitu (Ryc. 3.28).



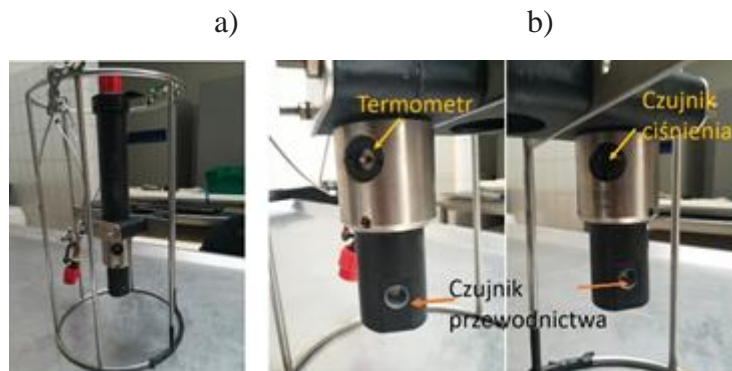
Ryc. 3.28. Schematyczna budowa elektrody a) polarograficznej i b) galwanicznej, (na podstawie Lee i Tsao, 1979)

Katodą nazywamy elektrodę, na której zachodzi proces redukcji (pobieranie elektronów z elektrody oraz obniżenie stopnia utlenienia substancji). Anodą jest elektroda, na której zachodzi proces utleniania (oddawanie elektronów do elektrody oraz wzrost stopnia utlenienia substancji). Elektrody oraz elektrolit oddziela od próbki cienka półprzepuszczalna membrana. W trakcie pomiaru tlen dyfunduje przez membranę, a następnie jest redukowany i zużywany na katodzie. Natężenie wytworzonego prądu jest proporcjonalne do stężenia tlenu w próbce. Czujniki polarograficzne składają się ze srebrnej anody oraz katody wykonanej z metalu szlachetnego (złoto lub platyna) zanurzonych w roztworze chlorku potasu (KCl). W czujnikach tych polaryzacja biegunów jest wywołana przez zewnętrzne źródło napięcia i może trwać od kilku do kilkudziesięciu minut. W związku z tym przed kalibracją i pomiarem wymagane jest podłączenie czujnika do urządzenia. Czujniki galwaniczne same wytwarzają prąd elektryczny, zatem przed pomiarem nie wymagają wcześniejszej polaryzacji. Katoda w czujnikach galwanicznych jest zazwyczaj wykonana ze srebra lub innego metalu szlachetnego, z kolei anoda z cynku lub ołowiu. Elektrolitem może być wodorotlenek sodu lub chlorek sodu. W trakcie pomiaru tlenu czujnikami elektrochemicznymi należy delikatnie nimi poruszać, aby zapewnić ciągły przepływ wody (i tlenu) przez membranę. Między pomiarami czujniki trzeba chronić przed odkształceniem membrany oraz odparowaniem z nich elektrolitu przechowując je w przeznaczonych do tego celu naczynkach.

## Sonda CTD

Sonda służy do automatycznych pomiarów podstawowych termodynamicznych właściwości wody morskiej. Skrót CTD oznacza *conductivity – temperature – depth* (przewodnictwo – temperatura – głębokość) i wskazuje na dwa podstawowe parametry, które są bezpośrednio mierzone, to jest temperaturę i przewodnictwo właściwe (przewodność) wody. Trzecim bezpośrednim pomiarem jest ciśnienie hydrostatyczne. W przypadku wód morskich (również wody słodkiej) ciśnienie hydrostatyczne wyrażone w decybarach ( $1 \text{ db} = 10^4 \text{ Pa}$ ) jest z dobrym przybliżeniem równe głębokości wyrażonej w metrach.

Do każdej sondy CTD dołączone jest oprogramowanie służące do obsługi urządzenia, w tym śledzenia na bieżąco wyników pomiarów i ich zapisu. Przy jego pomocy, w oparciu o trzy mierzone bezpośrednio parametry i odpowiednie formuły (np. Dera 2003), obliczane są zasolenie i gęstość wody morskiej, a także zazwyczaj prędkość dźwięku w wodzie. Prezentowane urządzenie to mini-sonda CTD produkcji Valeport (Ryc. 3.29 a, b).



Ryc. 3.29. a) mini-sonda CTD produkcji Valeport w stelażu ochronnym, b) czujniki sondy, (fot. M. Żaczek)

Charakteryzuje się ona małymi rozmiarami i podczas jej poruszania się w toni wodnej efekt zaburzania warstw wodnych jest zredukowany. Czujniki znajdują się w dolnej części sondy (Ryc. 3.29b) w związku z czym poprawne rezultaty pomiarów otrzymuje się podczas opuszczania sondy. W celu uzyskania wartości ciśnień hydrostatycznych w wodzie należy uruchomić pomiar w powietrzu, a wtedy zmierzona i zapisana, dzięki odpowiedniej procedurze, wartość ciśnienia atmosferycznego będzie automatycznie odejmowana od wartości całkowitego ciśnienia mierzonego w wodzie.

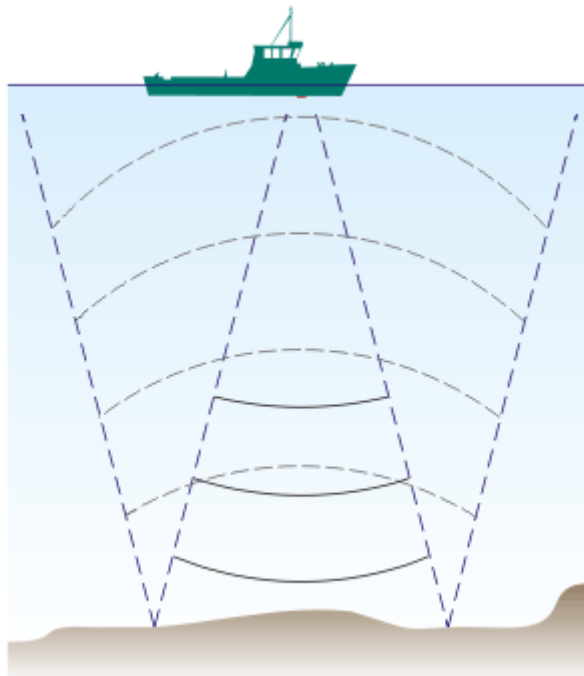


### 3.6. Urządzenia hydroakustyczne wykorzystywane w badaniach środowiska morskiego

(J. Idczak, K. Trzcńska, D. Pałgan)

#### Echosonda jednowiązkowa

Echosonda (Ryc.3.30) to urządzenie służące do pomiaru głębokości wody oraz odległości od pływających na powierzchni platform, np. statków badawczych czy autonomicznych robotów pomiarowych. Echosonda jednowiązkowa (z ang. *single-beam echosounder* lub w skrócie SBES) transmituje w kierunku pionowym (bezpośrednio poniżej urządzenia umieszczonego, np. na statku) krótki sygnał (rzędu  $10^{-4}$ – $10^{-3}$  s) w wiązce o umiarkowanym kącie rozchodzenia (zazwyczaj  $5$ – $15^\circ$ ) (Ryc.3.30).

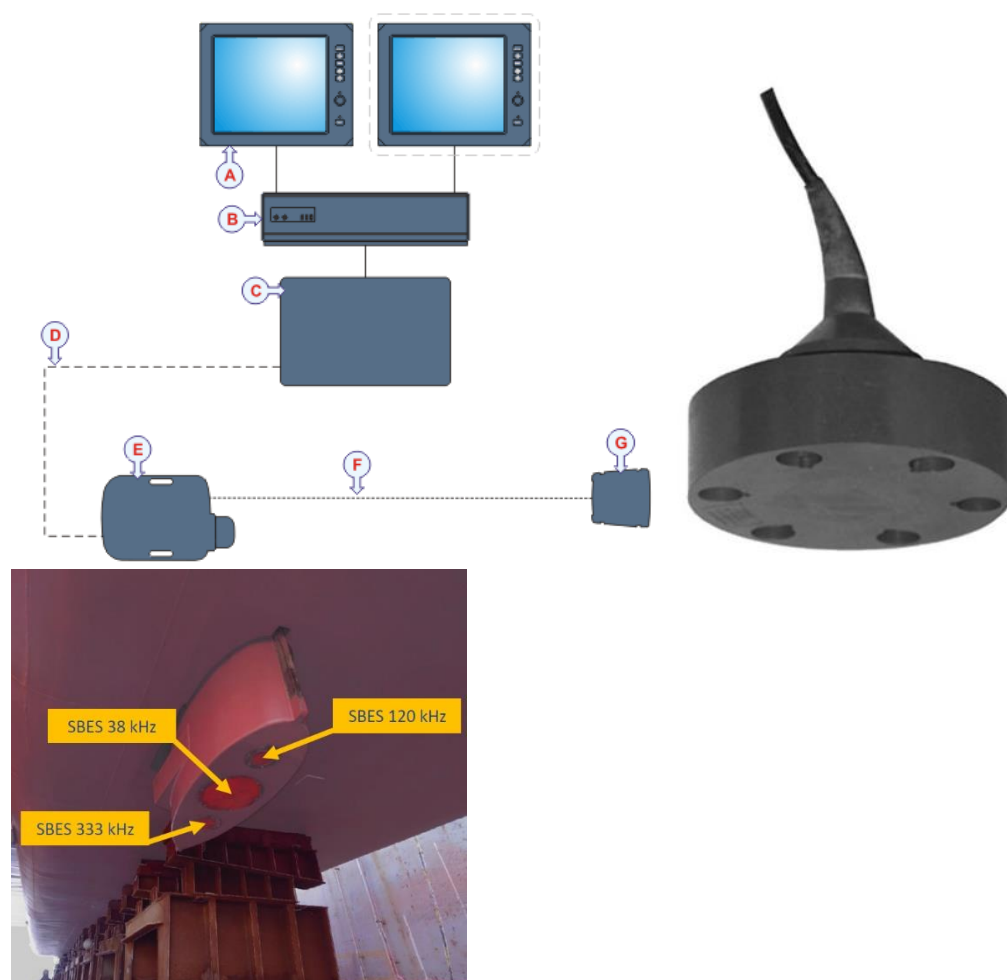


Ryc. 3.30. Schemat propagacji fali akustycznej wysłanej z transmitora echosondy jednowiązkowej do toni wodnej, (simrad.com)

Echosonda mierzy dwukierunkowy czas podróży sygnału akustycznego: wysłanego przez transmiter w kierunku dna oraz powracającego, odbitego od dna echa, na podstawie którego oblicza się lokalną głębokość morza. Prędkość propagacji fali akustycznej w morzu zmienia się w pewnym stopniu w zależności od temperatury, zasolenia i ciśnienia. Stąd, prędkość ta waha się od  $1\,440$  do  $1\,520$  m/s w płytkiej wodzie morskiej, natomiast na głębokości powyżej  $1\,000$  m przybliżona wartość prędkości wynosi około  $1\,480$  m/s. W płytkich wodach słodkich (lub wysłodzonych) prędkość wynosi około  $1\,430$  m/s. Echosonda EK80 transmituje impulsy fali dźwiękowej o wysokiej energii. W przybliżeniu płaskie dno odbija transmitowaną falę tak, jakby było ono lustrem. Propagowana w wodzie energia

rozprasza się na napotkanych w toni przeszkodach, np., rybach, pęcherzykach gazów czy zanieczyszczeniach, a także na dnie morskim, aby następnie powrócić do odbiornika jako echo. W tym celu nadajnik wylicza i generuje sygnały elektryczne wysyłane do przetwornika w celu utworzenia transmisji energii – tzw. z ang. „ping”. Po każdej transmisji odbiornik odbiera echo odbite od przeszkód lub dna morskiego, po czym jest ono filtrowane i wzmacniane, aby ostatecznie zostać przekonwertowanym do formatu cyfrowego. Otrzymany wynik wyświetlany jest jako echogram na ekranie komputera z oprogramowaniem echosondy EK80, znajdującym się na motku statku *r/v Oceanograf*.

Do wykonania pomiarów głębokości w Zatoce Gdańskiej zostaną wykorzystane echosondy jednowiązkowe firmy Simrad Kongsberg Maritime S.A. Jest to zestaw trzech echosond typu „split beam” model EK80, które operują na częstotliwościach 38, 120 oraz 333 kHz (Ryc. 3.31). Urządzenia te są na stałe umocowane w kadłubie statku *r/v Oceanograf*, z którego są automatycznie opuszczane przed rozpoczęciem pomiarów.



Ryc. 3.31. Schemat podłączenia systemu (w tym transmitera) echosondy jednowiązkowej (element G) do procesora (element C), monitora (element A) i stacji operatora (element B), (simrad.com); przetworniki trzech echosond split-beam wbudowane w kadłub statku, (materiały archiwalne Instytutu Oceanografii)

## Echosonda wielowiązkowa

Echosondy wielowiązkowe (*ang. Multi Beam EchoSounder – MBES*) są urządzeniami akustycznymi wykorzystywanymi w szerokokątnych technikach obserwacji dna morskiego. Urządzenia te dostarczają przede wszystkim informacji na temat głębokości występujących na zadanym obszarze badań. Współczesne systemy MBES można wykorzystywać do obserwacji i rozpoznawania wierzchnich warstw typu dna morskiego oraz detekcji obiektów znajdujących się na dnie, jak i celów zawieszonych w toni wodnej (takich jak ryby czy pęcherzyki gazu). Metoda działania echosondy wielowiązkowej – zbudowanej z nadajnika i odbiornika – polega na nadawaniu sygnału akustycznego w postaci szerokiego wachlarza, a następnie, po odbiciu od przeszkody, odbiorze powracającego sygnału w postaci pojedynczych niezależnych ech, z których każde z osobna związane jest z określonym kątem padania i odbicia fali i z odrębnym fragmentem powierzchni dna (Stepnowski, 2001; PDNO, 2009).

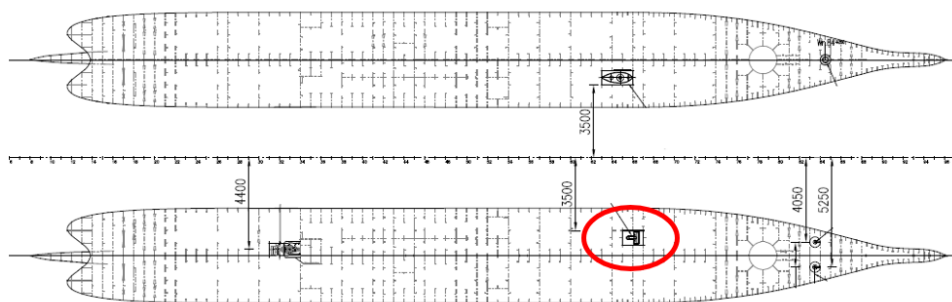
Statek *r/v Oceanograf* został wyposażony w echosondę wielowiązkową SeaBat 7125 firmy Teledyne Reson. Jest to echosonda, która może pracować na dwóch częstotliwościach 200 kHz lub 400 kHz. Szerokość kątowna nadawanej wiązki (*ang. swath*) dla obu częstotliwości wynosi 140°. Za pomocą oprogramowania do urządzenia, korzystając z tak zwanej funkcji *Coverage Angle*, można sterować szerokością *swath'a* zawężając go do wartości 45°. Rozdzielczość kątowna pojedynczej wiązki wynosi około 0,54° x 1,1° odpowiednio w poprzek i wzdłuż profilu dla częstotliwości 400 kHz oraz 1,1° x 2,2° dla częstotliwości 200 kHz. Maksymalna częstotliwość pingowania to 50Hz dla obu częstotliwości pracy. Maksymalny zakres pracy echosondy SeaBat 7125 wynosi do 175 m dla częstotliwości 400 kHz oraz do 450 m – dla 200 kHz.

Zaprezentowane parametry echosondy SeaBat 7125 dowodzą, że urządzenie to można z powodzeniem wykorzystywać zarówno w celach zgrubnego sondowania głębokich obszarów Morza Bałtyckiego, pracując na częstotliwości 200 kHz – nie wymagając dużej zdolności rozdzielczej zgromadzonych danych, jak i w celach dokładniejszych badań ukształtowania dna – pracując na częstotliwości 400 kHz, która zapewnia dużo lepszą zdolność rozdzielczą.

Echosondę SeaBat 7125 można wykorzystać zarówno:

- w celu zbioru danych i tworzenia produktów w postaci map zawierających informacje na temat głębokości i ukształtowania dna w zadanym rejonie badań przy zachowaniu wysokich standardów dokładności,
- w badaniach struktury i typu dna,
- w badaniach i poszukiwaniach podwodnych obiektów,
- w pomiarach morskich podczas inspekcji budowli hydrotechnicznych i układania instalacji podwodnych,
- w pracach pogłębiarskich.

Przetwornik echosondy wielowiązkowej został zainstalowany w prawym pływaku statku *r/v Oceanograf* w odległości około 1/3 długości jednostki licząc od dziobu (Ryc. 3.41).



Ryc. 3.41. Umieszczenie przetwornika echosondy wielowiązkowej SeaBat 7125 na statku *r/v Oceanograf*

System ten (Ryc. 3.42), za pomocą podnośników hydraulicznych, jest wysuwany i wsuwany do wnętrza statku, w zależności od tego, czy jest on wykorzystywany w danej chwili, czy jednostka przemieszcza się w rejon planowanych prac pomiarowych. Istotną zaletą systemu opuszczania i podejmowania przetwornika MBES jest możliwość inspekcji echosondy zarówno podczas pracy na morzu (przy niewielkim falowaniu) jak i w porcie bez konieczności dokowania statku.



Ryc. 3.42. Przetwornik echosondy wielowiązkowej SeaBat 7125 przytwierdzony do metalowego uchwyty, chowany za pomocą hydraulicznego podnośnika wewnątrz kadłuba statku *r/v Oceanograf*, (<http://arch.ocean.ug.edu.pl/pages/wersja-polska/archiwum/galeria-budowy-statku/oceanograf.php>)



## Sonar boczny

Sonary boczne (*ang. Side Scan Sonar – SSS*) są urządzeniami wykorzystywanymi do obrazowania i mapowania dna morskiego czy to w celu rozpoznania geologicznego, czy też w celu identyfikacji obiektów podwodnych. W urządzeniach tych transmisja impulsu sondującego odbywa się w jednej lub w dwóch wiązkach prostopadłych do osi jednostki pływającej, nachylonych do dna (Stepnowski, 2001; PDNO, 2009). Sygnał ten jest skupiony w wąskim paśmie po obu stronach urządzenia. Niektóre z sygnałów wysyłanych z sonaru odbijają się od dna i powracają w postaci echa, rejestrowanego za pomocą hydrofonów. Powracające echo jednego impulsu wyświetlane jest na ekranie jako pojedyncza linia, z jasnymi i ciemnymi punktami, które odpowiadają silnym i słabym echom odbitym od dna. Ponieważ proces nadawania i odbioru sygnału jest powtarzany z dużą częstotliwością, na ekranie monitora otrzymujemy spójny obraz będący dla operatora urządzenia doskonałym źródłem informacji (Lekkerkerk i in., 2006). Istotną zaletą sonarów bocznych jest ich zasięg boczny, pozwalający na sprawne przeszukanie dużych obszarów dna, na przykład w celach poszukiwawczych.

W czasie kiedy impuls akustyczny wysłany z sonaru osiągnie powierzchnię dna lub obiektu na dnie, może zdarzyć się kilka rzeczy. Sygnał może zostać zaabsorbowany przez ośrodek, rozproszony na chropowatej powierzchni dna, rozproszony wstecz (*ang. backscatter*) lub może nastąpić jego lustrzane odbicie. W praktyce każde z tych zjawisk ma miejsce, a w zależności od proporcji w jakich te efekty zachodzą powracający do odbiornika sygnał jest słabszy bądź silniejszy i niesie informację na temat rodzaju materiału, z którego zbudowane jest dno lub obiekt na dnie oraz topografii badanego obszaru (Mazel, 1985).

Sonary boczne zwykle holowane są za pomocą jednostki sondującej (wówczas ich przetworniki są wbudowane w tak zwaną holowaną rybę *Towfish*) na określonej wysokości nad dnem – co znacznie ułatwia dokładne „przyjrzenie się” obiektom zalegającym na dnie. Podczas pracy z urządzeniem na płytszych wodach możliwe jest prowadzenie pomiarów za pomocą sonaru SSS przytwierdzając go „na sztywno” do podwodnej części kadłuba statku, na dziobie bądź od strony burty. Z uwagi na chmurę pęcherzyków wtłaczanych pod powierzchnię wody przez układ napędowy jednostki (które w dużym stopniu zakłócają rejestrację danych przy pomocy urządzeń hydroakustycznych) sonarów bocznych raczej nie instaluje się „na sztywno” w części rufowej statku.

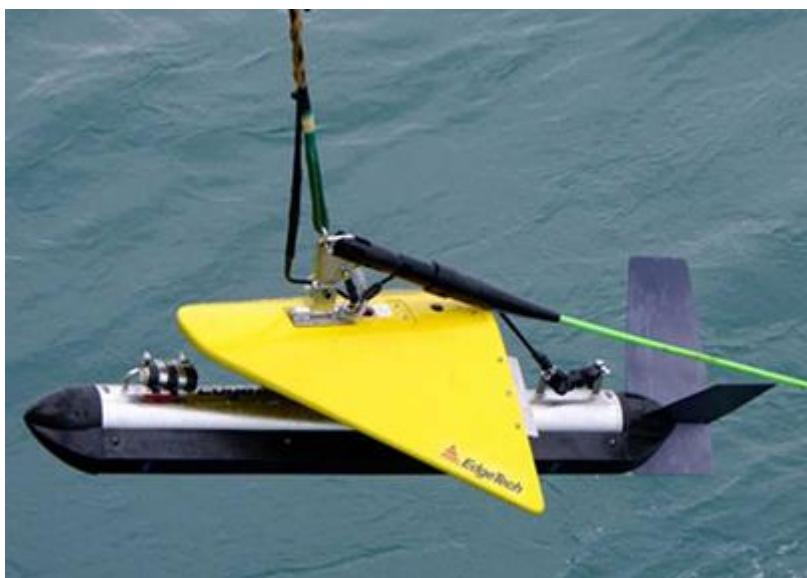
W celu uzyskania jak najlepszego możliwego rezultatu podczas zbierania danych z wykorzystaniem sonaru bocznego wiele z tych urządzeń pracuje na dwóch częstotliwościach: wyższej – dającej doskonałą rozdzielczość oraz niższej – pozwalającej zwiększyć zasięg działania kosztem mniejszej rozdzielczości. Istotne jest również, aby odpowiednio dobrać prędkość jednostki prowadzącej sondaż SSS, ponieważ to od niej będzie zależeć jaka ilość energii fali akustycznej emitowana w kierunku dna będzie przypadać na jednostkę powierzchni. Przy dużych zasięgach działania, aby spełnić standardy jakościowe gromadzonych danych, rybę *Towfish* należy holować z mniejszą prędkością, podczas gdy na płytkiej wodzie (przy małych zasięgach) prędkość holowania może być większa. Ogólnie, im mniejsza prędkość holowania ryby tym lepsza jakość i rozdzielczość danych, jednak należy mieć na uwadze, że przy małych prędkościach jednostka holująca nie zawsze jest w stanie utrzymać się na kursie.

Sonar boczny EdgeTech model 4200 Multi Pulse (User manual, 2014), w który został wyposażony statek *r/v Oceanograf*, jest sonarem holowanym pracującym na dwóch częstotliwościach 300 i 900 kHz przy maksymalnej częstotliwości pingowania 12 ms i 3 ms odpowiednio dla częstotliwości 300 i 900 kHz. Podczas pracy na częstotliwości 300 kHz urządzenie zapewnia zbiór danych na zasięgu bocznym po 230 m na prawą i lewą stronę (burtę), natomiast pracując na częstotliwości 900 kHz – zasięg dochodzi do 75 m. Parametry rozdzielczości urządzenia dla poszczególnych częstotliwości zaprezentowano w tabeli 3.2.

Tabela 3.2. Zdolność rozdzielcza sonaru bocznego EdgeTech model 4200 MP, (User manual, 2014)

	300 kHz	900 kHz
rozdzielczość poprzeczna	3 cm	1 cm
rozdzielczość podłużna	1,3 m przy zasięgu 150 m	0,18 m przy zasięgu 50 m
horyzontalna szerokość impulsu	0,28°	0,2°

W przypadku konieczności szybkiego opuszczania sonarów w pobliże dna przy jednocześnie mniejszej ilości wydanej kabloliny podczas pracy z sonarami bocznymi istnieje możliwość zastosowania depresora (Ryc. 3.43).



Ryc. 3.43. Sonar boczny model 4200 Multi Pulse wraz z depresorem (EdgeTech), (<http://www.igp.de/vermessung-hydrographie/edgetech/sidescan/sidescan-sonar-systems-4200>)

## Sub-bottom profiler

Sub-bottom profiler firmy EdgeTech model 3100-P – to lekki, przenośny profilomierz osadów dennych o wysokiej rozdzielczości (Ryc. 3.44). Wykorzystuje technologię sygnałów chirp o modulowanej częstotliwości w celu uzyskania maksymalnie wysokiej rozdzielczości i penetracji w głąb dna. Sygnał akustyczny jest wysyłany przez urządzenie holowane na kablolinie za statkiem (z ang. *Tow Vehicle*) lub przy jego burcie. Sygnał odbija się od granic warstw osadów oraz rozpraszaczy objętościowych, po czym powraca w kierunku odbiornika. Odbicia zarejestrowane przez system wyświetlane są na monitorze komputera jako odcienie szarości lub wielobarwny obraz. Istotną zaletą sub-bottom profiler'a jest fakt, że dane można rejestrować, wyświetlać i zapisywać w czasie rzeczywistym. System 3100-P wykorzystuje oddzielne nadajniki i odbiorniki zamontowane na urządzeniu holowanym umożliwiając jednocześnie nadawanie i odbieranie sygnałów chirp. Przetworniki są zamontowane na przedniej części urządzenia holowanego, a sztyk hydrofonów, w tylnej jego części. Urządzenie jest zaprojektowane do mierzenia profili przy prędkościach statku do siedmiu węzłów. Konwerter analogowo-cyfrowy generuje sygnały chirp o precyzyjnie dobranych częstotliwościach i długości nadawanego sygnału. Podczas pomiarów urządzenie holowane za statkiem jest połączone z przenośną jednostką górną (z ang. *Portable Topside*, Ryc. 3.44), ta z kolei z komputerem, w którym za pomocą oprogramowania Discover można sterować ustawieniami rejestracji i zapisu danych.



Ryc. 3.44. Urządzenie holowane oraz przenośna jednostka górną wraz z laptopem w zestawie Sub-bottom profiler firmy EdgeTech model 3100-P, (User Hardware Manual 3100-Manual-0004802\_Rev\_D)

Częstotliwość nadawanego sygnału jest dobierana przez operatora podczas pomiarów. System może współpracować z kabloliną o maksymalnej długości 100 m. Urządzenie holowane (SB-216S) wysyła sygnały akustyczne w zakresie 2–16 kHz. Rozdzielczość pionowa urządzenia, czyli najmniejszy odróżnialny dystans pomiędzy szczytami dwóch odbić, które mogą być wyświetlone na ekranie jako oddzielne reflektory to: 6 cm (dla 2–15 kHz), 8 cm (dla 2–12 kHz), 10 cm (dla 2–10 kHz). Energia sygnału akustycznego jest odbijana z powrotem do systemu sonarowego, gdy transmitowany impuls napotyka zmianę w impedancji akustycznej. Rozdzielczość systemu sonarowego jest mierzona przez jego zdolność oddzielenia dwóch sąsiednich celów. Rozdzielczość pionowa zależy od szerokości pasma impulsu chirp. Maksymalny zasięg penetracji w miękkim osadzie ilastym to 80 m, natomiast w piasku wapiennym (ośrodek o dużej gęstości) – 6 m. Szerokość wiązki jaką można zastosować wynosi: 17° dla częstotliwości 2–15 kHz, 20° dla częstotliwości 2–12 kHz oraz 24° dla częstotliwości 2–10 kHz. Optymalne holowanie powinno odbywać się na wysokości 3–5 m nad dnem. Urządzenie posiada jeden przetwornik nadawczy i dwa odbiorcze. Długość urządzenia to 105 cm a jego waga w powietrzu 72 kg.

### **Mierniki prędkości dźwięku**

Jednym z kluczowych parametrów mierzonych przy pomocy echosondy wielowiązkowej (jak i pozostałych urządzeń hydroakustycznych) jest pomiar czasu powrotu wysłanego przez nadajnik urządzenia sygnału akustycznego. Uogólniając, na podstawie pomiaru czasu pomiędzy nadawanym a odbieranym sygnałem można oszacować odległość przetwornika od dna (głębokość w danym punkcie). Chcąc to jednak zrobić, pamiętając o występowaniu zjawiska refrakcji, potrzebna jest informacja na temat prędkości dźwięku w całej kolumnie wody. Dokładność oszacowania odległości przetwornika od dna będzie tym większa im większa będzie dokładność oszacowania prędkości dźwięku na drodze propagacji promienia akustycznego fali od przetwornika do określonego punktu na dnie i z powrotem. Zatem, zbierając dane przy pomocy echosondy wielowiązkowej, dla dokładności gromadzonych danych, niezwykle istotna jest informacja na temat prędkości dźwięku w kolumnie wody. Podczas pomiaru prędkości dźwięku w obszarze, na którym występują różne głębokości, należy pamiętać, że pomiar prędkości dźwięku w kolumnie wody należy wykonywać w najgłębszym miejscu tego obszaru.

#### **MiniSVP – pomiar prędkości dźwięku w kolumnie wody**

W celu dostarczenia niezbędnych danych do systemów pomiarowych echosondy MBES i systemu USBL (opisanego poniżej) na temat wartości prędkości dźwięku w kolumnie wody wykorzystywany jest miernik prędkości dźwięku miniSVP (*ang. Sound Velocity Profiler – SVP*) firmy Valeport (Ryc.3.45). Urządzenie to, wyposażone w metalowy zabezpieczający przed uderzeniami stelaż, umożliwia przeprowadzenie pomiaru prędkości dźwięku w kolumnie wody do głębokości 500 m.



Ryc. 3.45. Miernik prędkości dźwięku w kolumnie wody miniSVP (Valeport), (mini SVP, 2013)

Po przeprowadzeniu pomiaru przy pomocy miernika miniSVP dane są z niego sczytywane i wprowadzane do oprogramowania zarządzającego poprawną akwizycją danych gromadzonych za pomocą echosondy MBES i systemu USBL.

#### SVP 70 – pomiar prędkości dźwięku na wysokości przetwornika MBES

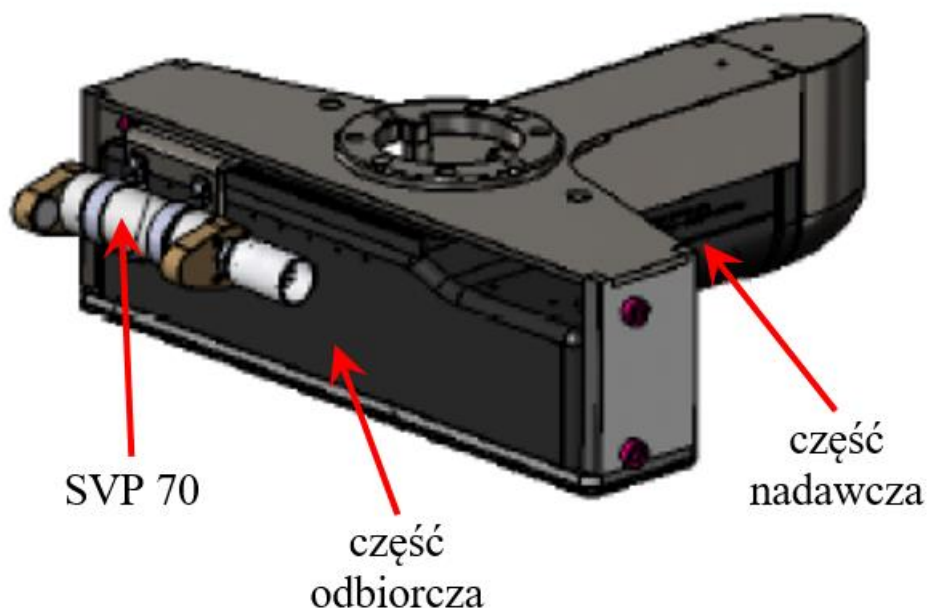
W przypadku zbierania danych akustycznych przy pomocy echosondy wielowiązkowej, na dokładność pomiarów wpływa nie tylko wartość prędkości dźwięku w kolumnie wody (która powinna być aktualizowana możliwie często), ale również wartość prędkości dźwięku w wodzie na wysokości przetwornika echosondy – rejestrowana w trybie *online* w trakcie całego czasu trwania pomiarów. Znajomość prędkości dźwięku na wysokości odbiornika MBES jest kluczowa dla prawidłowego odbioru i odczytu powracającego echa (w tym określenia kierunku z jakiego echo powraca do przetwornika). W związku z powyższym echosonda SeaBat 7125 została wyposażona w miernik prędkości dźwięku SVP 70 (Ryc. 3.46) firmy Teledyne Reson.



Ryc. 3.46. Miernik prędkości dźwięku w wodzie SVP 70, (<http://www.ekoton.com.tr/files/SVP70.pdf>)

Urządzenie to przytwierdza się bezpośrednio do obudowy układu nadawczo-odbiorczego echosondy (Ryc. 3.47) i za pomocą kabla łączy z komputerem sterującym echosondą wielowiązkową SeaBat 7125. Tak skonfigurowany system pomiarowy MBES pozwala na gromadzenie danych akustycznych skorygowanych o poprawną wartość prędkości dźwięku przy przetworniku echosondy MBES.





Ryc. 3.47. Umieszczenie miernika prędkości dźwięku SVP 70 przy przetworniku echosondy wielowiązkowej SeaBat 7125, (Operator's manual, 2013)

### Odbiornik Trimble SPS 855

W celu pozycjonowania statku *r/v Oceanograf* oraz czujników urządzeń pomiarowych zastosowano system pozycjonowania satelitarnego RTK GPS. System ten dostarcza informacji o współrzędnych geograficznych, które są niezbędne do określenia lokalizacji miejsca wykonywania pomiarów. W przypadku dostępu do poprawek RTK dokładność pozycji horyzontalnej może wynosić nawet poniżej 1 cm, zaś dla pozycji wertykalnej – poniżej 2 cm. Aby zapewnić tak wysoką precyzję pozycjonowania statek został wyposażony w modułowy odbiornik Trimble SPS 855 oraz antenę GNSS Trimble Zephyr Model 2 Rugged (Ryc. 3.48), korzystający z korekty pozycji przesyłanej z systemów EUPOS/SAPOS za pomocą połączenia internetowego.

System pozycyjny został powiązany z czujnikami pomiarowymi poprzez oprogramowanie QINSy integrujące pracę wszystkich urządzeń pomiarowych zainstalowanych na statku w czasie i w przestrzeni (dokładny opis systemu QINSy został przedstawiony w dalszej części opracowania). System RTK GPS wykorzystywany jest w procesie kalibracji systemów pomiarowych, umożliwiając skonfigurowanie urządzeń w taki sposób, aby zbierały one dane z zachowaniem najwyższych obecnie do osiągnięcia standardów dokładności. Warto zaznaczyć, że odbiornik RTK jest zalecany przy prowadzeniu jednostki pomiarowej z wykorzystaniem systemu dynamicznego pozycjonowania (DP), w który jest wyposażony statek *r/v Oceanograf*.



Ryc. 3.48. Odbiornik Trimble SPS 855 oraz antena ZEPHYR Model 2 Rugged, (DGPS specification, 2012)

### System podwodnego pozycjonowania

System Easytrack Nexus firmy Applied Acoustics (Ryc. 3.49) wykorzystywany jest w pracy z urządzeniami nawigowanymi pod powierzchnią wody, w celu wyznaczenia ich położenia względem statku i anteny systemu GPS. W ten sposób znana jest dokładna pozycja geograficzna takich urządzeń. Zastosowany system wykorzystuje tzw. technikę ultra krótkiej bazy (ang. *Ultra Short Baseline* – USBL). System ten wykorzystuje pojedynczy kompaktowy przetwornik zbudowany z kilku ceramicznych elementów nadających i odbierających sygnał akustyczny.

Elementy ceramiczne systemu Easytrack Nexus – odbierające sygnał – ułożone są tak, aby każdy z nich mógł wykrywać sygnał akustyczny docierający do przetwornika USBL od nadających transponderów umieszczonych na dnie lub znajdujących się na ruchomym obiekcie. W systemach takich do mierzenia kąta powrotu sygnału akustycznego w obu płaszczyznach stosowana jest technika porównywania fazy. Polega ona na tym, że sygnały wysyłane przez transponder docierają do różnych elementów głowicy w nieznacznie odmiennych momentach – z racji różnych ścieżek sygnałów. Mierząc odległość oraz odpowiednie kąty możemy wyznaczyć względne położenie nadajnika umieszczonego na celu w stosunku do głowicy nadawczo-odbiorczej zainstalowanej na statku (User manual, 2013).

Urządzenie Easytrack Nexus wymaga dodatkowo starannej konfiguracji i kalibracji. Konieczne jest odniesienie jego kierunku, a namiar powinien być kompensowany o poprawki wywołane kołysaniem wzdłużnym i poprzecznym statku oraz efektem refrakcji w wodzie. Aby czynniki te były uwzględnione system został podłączony do statkowego czujnika kompensacji przechyłów oraz określania kierunku. W celu zniwelowania zjawiska refrakcji do systemu należy wprowadzać wcześniej zmierzony w rejonie badań profil prędkości dźwięku w kolumnie wody (User manual, 2013).

Przetwornik systemu Easytrack Nexus został umieszczony na hydraulicznym wysięgniku w prawym kadłubie katamaranu. Podczas pracy jest on wysuwany poniżej stępki zachowując widoczność 360° w poziomie. System opuszczania/podejmowania przetwornika USBL umożliwia jego inspekcję zarówno w morzu jak i w porcie.





Ryc. 3.50. Kompensator przechyłów – Octans (IXSea),  
(<https://www.yumpu.com/en/document/view/19634629/ixsea-octans-mkiv>)

## Oprogramowanie

### QINSy Survey, QPS

System pomiarowy na statku *r/v Oceanograf* został skonfigurowany w oparciu o oprogramowanie QINSy Survey firmy QPS (<http://www.qps.nl>), które:

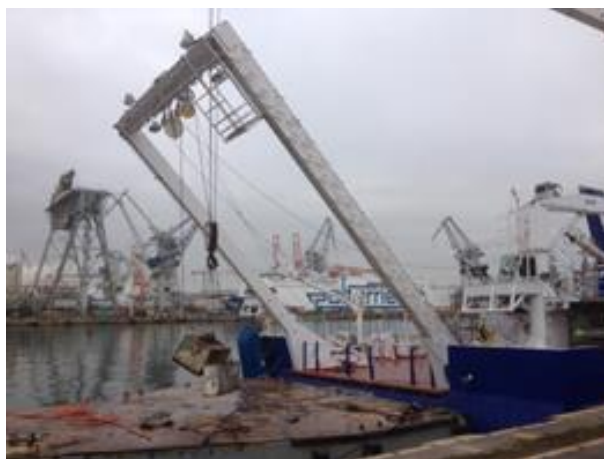
- integruje statkowe urządzenia pomiarowe w jeden spójny system pomiarowy (umożliwia prowadzenie automatycznej synchronizacji czasu wszystkich danych przychodzących bazując na sygnale synchronizacji czasu 1 PPS dostarczonym z odbiornika GNSS w czasie rzeczywistym),
- umożliwia zaplanowanie prac badawczych i prowadzenie nawigacji w określonym rejonie (pozwala zintegrować system pomiarowy ze statkowym systemem DP, co umożliwia prowadzenie pomiarów w ściśle określony sposób, np. w punktach czy na profilach pomiarowych),
- umożliwia prowadzenie pomiarów z zachowaniem odpowiednich standardów dokładności (m. in. IHO S-44; PDNO, 2009),
- pozwala zarządzać akwizycją danych w sposób kontrolowany i odpowiednio skatalogowany,
- można wykorzystać w pracy z następującymi typami urządzeń i czujników pomiarowych (które mogą być podłączone i kontrolowane z poziomu oprogramowania QINSy poprzez interfejs RS232 lub LAN): systemy pozycjonowania powierzchniowego (GPS) i podwodnego (USBL), urządzenia inercyjne (MRU, IMU), systemy pomiaru kierunku oraz parametrów ruchu statku (Gyro, Log), echosondy jednowiązkowe (SBES), wielowiązkowe (MBES), mierniki prędkości rozchodzenia się dźwięku w wodzie (SVS, SVP), sonary boczne (SSS), magnetometry (MAG) profilomierze osadów (SBP), akustyczne dopplerowskie mierniki prądów (ADCP) oraz wiele innymi urządzeń,
- można wykorzystać we wstępnej ocenie jakości i obróbce zbieranych danych MBES i SSS,
- wykorzystywane jest podczas kalibracji urządzeń pomiarowych m.in. MBES i USBL,
- jest powszechnie wykorzystywane na statkach prowadzących szeroko pojęte prace hydrograficzne w całej Europie.

**Discovery:** oprogramowanie wykorzystywane podczas akwizycji i podstawowej interpretacji danych sonarowych.

### **Pozostałe urządzenia wykorzystywane podczas prowadzenia prac z w/w urządzeniami**

W celu efektywnego i bezpiecznego wykorzystywania echosondy wielowiązkowej oraz sonaru bocznego wraz z urządzeniami wspierającymi ich pracę statek *r/v Oceanograf* został dodatkowo wyposażony w wiele urządzeń pokładowych wspomagających ich obsługę. Do urządzeń takich należą (<http://arch.ocean.ug.edu.pl/pages/wersja-polska/archiwum/galeria-budowy-statku/oceanograf.php>):

- **bramownica rufowa** obsługująca stalowe liny i kabloliny, wykorzystywana w pracy z sonarem bocznym (Ryc. 3.51),



Ryc. 3.51. Bramownica rufowa

- **wciągarka 35kN** obsługująca kablolinę, na której holowany jest sonar boczny (Ryc. 3.52)



Ryc. 3.52. Wciągarka 35kN



- **żurawiki dziobowe i burtowe** obsługujące stalowe liny i kabloliny, na przykład podczas pomiarów z wykorzystaniem sondy SVP (Ryc. 3.53)



Ryc. 3.53. Żurawiki dziobowe i burtowe

## Literatura

- Bett, B.J., Vanreusel, A., Vinci, M., Soltwedel, T., Pfannkuche, O., Lamshead, P.J.D., Gooday, A.J., Ferraro, T., Dinet, A., 1994. *Sampler bias in the quantitative study of deep-sea meiobenthos*, Mar. Ecol. Progress Ser., 104, 197–203.
- Christie, N.D., 1991. *Relationship between sediment texture, species richness and volume of sediment sampled by a grab*, Mar. Biol., 30, 89–96.
- Dera J., 1983, 2003. *Fizyka morza*, PWN Warszawa
- DGPS 2012. *Trimble SPS855 GNSS Modular Receiver, Specification*, Trimble Navigation Limited.
- Finkl C.W., Khalil S.M., 2019. *Vibracore*. [w:] Finkl C.W., Makowski C. (red.) *Encyclopedia of Coastal Science*. Encyclopedia of Earth Sciences Series. Springer, Cham
- Fleming-Lehtinen V., Laamanen M., 2012. Long-term changes in Secchi depth and the role of phytoplankton in explaining light attenuation in the Baltic Sea, *Estuar. Coast. Shelf. S.*
- Harris, R.P., Wiebe, P.H., Lenz, J., Skjoldal, H.R., Huntley, M., 2000. *Zooplankton Methodology Manual*, Academic Press, London/San Diego, .
- Lee, Y.H., Tsao, G.T., 1979. *Dissolved oxygen electrodes*. [w:] T.K. Ghose, N. Blakebrough, A. Fiechter (red.), *Advances in Biochemical Engineering, vol 13*, Springer, Berlin, Heidelberg.
- Lekkerkerk, H. J., Van der Velden, R., Roders, J., Haycock, T., De Vries, R., Jansen, P., Beemster, C., 2006. *Handbook of Offshore Surveying*, Clarkson Research Services, London.
- Mazel Ch., 1985. *Side Scan Sonar Record Interpretation*, Klein Associates Inc.
- MBES SeaBat 7125 SV2 / ROV2., 2013. *High-Resolution Multibeam Sonar System, Operator's manual*, P/N 86000179, Version 3.
- Podręcznik Normalizacji Obronnej, PDNO-06-A072, 2009. *Hydrografia morska. Organizacja i zasady prowadzenia badań*, Ministerstwo Obrony Narodowej.
- Stepnowski, A., 2001. *Systemy akustycznego monitoringu środowiska morskiego*, Gdańskie Wydawnictwo Naukowe, Gdańsk.
- SSS 0004842\_REV\_I, 2014. *4200 Side Scan Sonar system, User hardware manual*, EdgeTech.
- SVP 2013. *Datasheet Reference: miniSVP, version 2c*, Valeport Ltd. Tangen K., 1978. *Nets. In Phytoplankton manual — monographs on oceanographic methodology*, UNESCO, Paris.
- USBL EZT-2690-8000/9, 2013. *Easytrak Nexus Seria 2690, Instrukcja obsługi*, Applied Acoustic Engineering Ltd.

Strony internetowe:

<https://geomor.com.pl/produkt/probnik-osadow-dennych-van-veena-kc-denmark>

[http://www.kc-denmark.dk/products/sediment-samplers/box-corer.aspx\\_](http://www.kc-denmark.dk/products/sediment-samplers/box-corer.aspx_)

<https://osil.com/product/vibrocorer-3m-12m/>

QPS: <http://www.qps.nl>

MRU: <https://www.yumpu.com/en/document/view/19634629/ixsea-octans-mkiv>

r/v Oceanograf: <http://arch.ocean.ug.edu.pl/pages/wersja-polska/archiwum/galeria-budowy-statku/Oceanograf.php>

SSS: <http://www.igp.de/vermessung-hydrographie/edgetech/sidescan/sidescan-sonar-systems-4200>

SVP70: <http://www.ekoton.com.tr/files/SVP70.pdf>

## 4. Opis zajęć na statku

Na prowadzenie połowów organizmów morskich w celach: prowadzenia badań naukowych, prac rozwojowych lub w celu kształcenia należy uzyskać pozwolenie Ministra Gospodarki Morskiej i Żeglugi Śródlądowej - zgodnie z art. 84 ust. 1 ustawy z dnia 19 grudnia 2014 r. o rybołówstwie morskim (Dz.U. z 2015 r. poz. 222).

### 4.1. Zmienność przestrzenna ichtiofauny Zatoki Gdańskiej

(M. Sapota, A. Lizińska)

#### 4.1.1. Cel zajęć

Struktura ichtiofauny Morza Bałtyckiego zależy przede wszystkim od głębokości akwenu, ukształtowania i pokrycia dna. Obserwujemy także bardzo wyraźną zmienność sezonową. Określenie struktury ichtiofauny to jedno z podstawowych zadań przy charakterystyce ekosystemu i opisie sieci troficznej. Należy ono, także, do jednych z najistotniejszych analiz wykorzystywanych w monitoringu środowiska.

Celem zajęć jest zbadanie skali zmienności przestrzennej ichtiofauny Zatoki Gdańskiej. Podstawą do analiz będą wyniki połowów ryb (różnymi metodami w różnych rejonach badań). Analizy zostaną przeprowadzone w oparciu o skład taksonomiczny, liczebność i biomasę poszczególnych gatunków w połowach z różnych stacjach badawczych, o różnych głębokościach i warunkach środowiskowych.

**Słowa kluczowe:** ichtiofauna, łowność, selektywność, wybiórczość, różnorodność biologiczna, zróżnicowanie przestrzenne

#### 4.1.2. Wykorzystywana aparatura/sprzęt

- zestawy sektorowych sieci skrzelowych,
- zestawy narzędzi pułpkowych typu mieroża,
- włoki rozprzowe o rozwarości 2 m,
- kotwice czteroramienne, pięciokilogramowe (po dwie na każdy zestaw narzędzi stawnych),
- chorągiewki rybackie kompletne (po dwie: pojedyncza i podwójna, na każdy zestaw narzędzi stawnych),
- liny do połączenia elementów zestawów narzędzi stawnych,
- wyciągarka sieci stawnych,
- wykładzina zabezpieczająca narzędzia stawne przed podarciem o burtę statku przy wybieraniu,
- wyciągarki trałowe,
- bomby burtowe,
- USBL,
- włók denny,

- włók pelagiczny,
- karty połowu,
- pojemniki/worki na ryby,
- kalka techniczna do opisu zebranych prób,
- ołówki,
- zamrażarki lub lód do konserwacji prób,
- krążek Secchiego,
- sonda zapewniająca pomiar temperatury wody, zasolenia i natlenienia 1 m pod powierzchnią i przy dnie,
- linijki, deski do sekcji ryb, noże, pęsety, igły preparacyjne, rękawiczki, środki czystości,
- waga elektroniczna (dokładność 0,1 g, nośność minimum 2 kg),
- binokulary,
- komputery z oprogramowaniem *MS Office* i *Statistica*.

#### **4.1.3. Lokalizacja poligonu badawczego**

Miejsca połowów ryb będą zlokalizowane na terenie Zatoki Gdańskiej, na profilu od wód naj płytszych do najgłębszych (sugerowany rejon Góry Szwedów).

#### **4.1.4. Zakres pomiarów**

Połowy ryb odbywają się w miejscach o różnej głębokości. W punktach o głębokości do 20 m, mogą być stosowane narzędzia stawne i włoki rozprzowe, w punktach o głębokości większej niż 20 m prowadzi się zaciągi włokami rozprzowymi lub rozpornicowymi. W każdym z punktów do analiz zbiera się wszystkie złowione ryby. Na każdym punkcie oprócz połowu ryb należy zbadać i zanotować wartości pomiarów warunków środowiskowych zgodnie z kartą połowu (Karta pracy 1).

#### **4.1.5. Rekomendowane warunki pogodowe do prowadzenia badań**

Prace mogą być prowadzone w dowolnych warunkach pogodowych. Ze względu na małe doświadczenie morskie studentów, w przypadku złej pogody sugeruje się wybranie rejonów osłoniętych i ograniczenie liczby przeprowadzonych połowów.

#### **4.1.6. Przebieg zajęć**

Przed zajęciami wymagane jest zapoznanie się z informacjami dotyczącymi wykorzystywanego w czasie zajęć sprzętu zawartymi w rozdziale 3. *Aparatura wykorzystywana do badań*.

## Przygotowanie sprzętu połowowego

Stawne narzędzia połowowe:

- sprawdzenie czy sieci skrzelowe i pułapki są odpowiednio ułożone,
- rozwiązanie linek zabezpieczających,
- ustawienie na rufie rury do wydawania sieci skrzelowych,
- przygotowanie chorągiewek rybackich, sprawdzenie działania i przymocowanie oświetlenia,
- połączenie kotwic z chorągiewkami (lina  $\phi$  8 mm, długość połączenia równa 1,5 x głębokość łowiska),
- połączenie kotwic z sieciami (sieci skrzelowe – podwójna lina  $\phi$  6 mm, przeprowadzona przez rurę do wydawania sieci, pułapki – pojedyncza lina  $\phi$  8 mm, długość lin powinna odpowiadać 1,5 x głębokości łowiska).

Włoki rozprzowe

- przymocowanie sieci do stalowej ramy,
- przymocowanie lin nośnych do ramy,
- przymocowanie lin nośnych do liny trałowej zamocowanej na bomie (załoga statku),
- zawiązanie worka włoka.

Włoki rozpornicowe

- przygotowanie pływaków uszlawniających nadborę;
- odblokowanie rozpornic na rufie jednostki;
- zawiązanie worka włoka.

## Wydawanie sprzętu

Stawne narzędzia połowowe: umieścić narzędzia w wodzie, kolejność wydania zestawu połowowego jest następująca: chorągiewka → lina łącząca → kotwica → liny łączące → sieć → liny łączące → kotwica → lina łącząca → chorągiewka.

**Uwaga:** należy pamiętać o prawidłowym umieszczeniu podwójnej i pojedynczej chorągiewki.

Sieci skrzelowe należy pozostawić na łowisku na co najmniej 12 godzin (wybieranie sieci następnego dnia po wystawieniu). Narzędzia pułapkowe należy pozostawić na łowisku na kilka dni.

Włoki rozprzowe

- włoki można wydawać z obu stron jednostki na obu bomach (dwa włoki) lub tylko z jednej burty,
- prędkość jednostki trałującej powinna wynosić od 2,5 do 4 węzłów. Długość wydanej liny trałowej powinna wynosić co najmniej trzykrotną głębokość (długość liny należy liczyć od powierzchni wody, nie od bloku prowadzącego). Istnieje możliwość wydania mniejszej ilości liny, w przypadku gdy zastosowany zostanie system USBL i potwierdzi on poruszanie się włoka po dnie. Tarły naukowo badawcze nie powinny trwać dłużej niż pół godziny.



## Włoki rozpornicowe

- włok wydawany jest z rufy jednostki (minimalna głębokość łowiska wynosi 20 m),
- prędkość jednostki trałującej powinna wynosić od 2,5 do 4 węzłów. Długość wydanej liny trałowej powinna wynosić co najmniej trzykrotną głębokość (długość liny należy liczyć od powierzchni wody, nie od bloku prowadzącego). Pozycję włoka i jego rozwarcie należy kontrolować przy pomocy echosondy sieciowej. Tarły naukowo badawcze nie powinny trwać dłużej niż pół godziny.

## Wybieranie sprzętu

### Stawne narzędzia połowowe

- stawne narzędzia należy zawsze wybierać pod wiatr,
- jednostka podchodzi do zawietrznej chorągiewki, należy ją chwycić i podnieść na pokład,
- linę łączącą z kotwicą umieszcza się na transporterze wyciągarki sieciowej, włącza wyciągarkę i wybiera linę do kotwicy,
- sieci skrzelowe wybiera się stosując wyciągarkę do wybrania całego zestawu (sieć umieszcza się w worku),
- narzędzia pułapkowe wybiera się ręcznie.

### Włoki rozprzowe

- po zakończeniu trałowania, lina trałowa wybierana jest wyciągarką trałową,
- włok po dociągnięciu do bloku na bomie jest podnoszony na pokład.

### Włoki rozpornicowe

- po zakończeniu trałowania, liny trałowe wybierane są wyciągarkami trałowymi;
- rozpornice zabezpieczane są na rufie jednostki;
- słomiaki i włok nawijane są na bęben wyciągarki sieciowej (należy pamiętać o zdemontowaniu pływaków uszlajnających nadbore).

## Wybieranie ryb

### Stawne narzędzia połowowe

- znajdujące się w sieci skrzelowej ryby należy wyplątać i umieścić w oznakowanych pojemnikach, osobno ryby z każdego panelu,
- znajdujące się w pułapkach ryby należy wysypać z części usidlającej i umieścić w oznakowanych pojemnikach, osobno ryby z każdej pułapki.

### Włoki rozprzowe

- po podniesieniu włoka na pokład wszystkie złowione ryby wysypuje się z worka włoka i umieszcza w jednym pojemniku,
- wyniki połowu przelicza się na wielkość przetrałowanej powierzchni, którą uzyskuje się mnożąc długość zaciągu przez rozwartość włoka.

## Włoki rozpornicowe

- po podniesieniu włoka na pokład wszystkie złowione ryby wysypuje się z worka włoka i umieszcza w jednym pojemniku,
- wyniki połowu przelicza się na wielkość przetrałowanej powierzchni, którą uzyskuje się mnożąc długość zaciągu przez rozwartość włoka.

## Pomiar parametrów środowiskowych niezbędnych do interpretacji uzyskanych wyników

Pomiar parametrów niezbędnych do interpretacji uzyskanych wyników – temperatury, zasolenia i stężenia rozpuszczonego tlenu przy powierzchni i w wodzie przydennej należy wykonać zgodnie z opisem w przedstawionym w skrypcie *Podstawy interdyscyplinarnych badań Morza Bałtyckiego* w rozdziale 4.5.

## Opis i przechowywanie złowionych ryb

- przy każdym połowie należy wypełnić kartę połowu (Karta pracy 1);
- pojemniki z rybami opisuje się na zewnątrz markerem i umieszcza w pojemniku kartkę z kalki kreślarskiej z informacjami dotyczącymi miejsca i terminu połowu (na kalce należy pisać ołówkiem),
- pojemniki z rybami umieszcza się w zamrażarce lub zasypuje lodem.

## KARTA PRACY 1

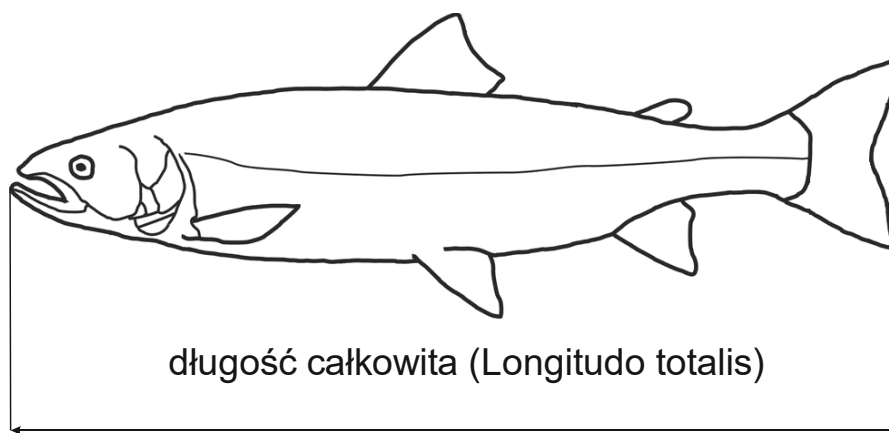


### Karta połowu

NAZWA PUNKTU				NUMER SIECI:							
Kod punktu		Miejscowość		Numer kolejny połowu							
jednostka połowowa											
sposób wystawienia sieci:		RÓWNOLEGLE DO BRZEGU / PROSTOPADLE DO BRZEGU / INNE									
rodzaj dna:		PIASEK / MUL / ŻWIR / KAMIENIE / INNE:									
minimalna		maksymalna									
Głębokość											
		początek		koniec		temp. 1 metr	temp. dno	zasolenie	krażek Secchiego [m]	wiatr	
		$\varphi$	$\lambda$	$\varphi$	$\lambda$					kierunek	sila [°B]
wystawienie											
wybranie											
uwagi (zmiany warunków meteo, stan morza, połowy rybactwie, uszkodzenia sieci, itp.)								osoba odpowiedzialna za badania			
								osoba notująca			

## Analiza połowów

- studenci pracują w 2–3 osobowych zespołach,
- ryby z każdego połowu analizowane są osobno,
- pierwszym etapem jest identyfikacja taksonomiczna i rozdzielenie połowu na poszczególne gatunki,
- następnie należy policzyć i zważyć ryby z poszczególnych gatunków, wyniki połowów narzędziami stawnymi przelicza się na 24 godziny połowu a włokami na 1000 m<sup>2</sup> przetrałowanej powierzchni,
- masowa analiza ichtiologiczna, pomiar długości wszystkich złowionych ryb (osobno dla każdego gatunku). Należy mierzyć długość całkowitą (Longitudo totalis) od najdalej do przodu wysuniętego elementu szczęk do końca najdłuższego promienia płetwy ogonowej (Ryc.4.1.1).



Ryc. 4.1.1. Sposób pomiaru długości całkowitej ryby

Pomiarów dokonuje się w klasach długości z zaokrągleniem w dół. Przy długości ryby do 10 cm, klasy są 1 mm, przy długości od 10 do 20 cm, klasy są 5 mm a powyżej 20 cm pomiaru dokonujemy w 1 cm klasach długości. Wyniki pomiarów zaznaczamy w protokole analizy masowej (Karta pracy 2).

Do analizy szczegółowej należy wybrać 100 ryb z każdego połowu, z każdego gatunku (jeżeli ryb jest mniej wszystkie podlegają analizie szczegółowej. Wyniki analizy zapisuje się w protokole analizy szczegółowej (Karta pracy 3).



### KARTA PRACY 3



gatunek			
data (xxxx-xx-xx)		godzina (xx:xx)	
miejsce			
	Lt w:	cm	mm

Notował:

--

Lp.	Lt	masa [g]	płeć (0-2)	stadium rozwoju gonad (1-8)	stopień wypełnienia żółdka (0-4)	masa po wypatroszeniu (g)	pobrane elementy do oznaczania wieku (o, t, p)	nr sieci	wielkość oczka	uwagi
1										
2										
3										
4										
5										
6										
7										
8										
9										
10										
11										
12										
13										
14										
15										
16										
17										
18										
19										
20										
21										
22										
23										
24										
25										
26										
27										
28										
29										
30										



Szczegółowa analiza ichtiologiczna obejmuje:

- pomiar długości całkowitej ryby (Longitudo totalis) (analogicznie jak przy analizie masowej),
- pomiar masy osobnika (z dokładnością do 0,1 g),
- określenie płci na podstawie wyglądu makroskopowego gonad (kodowanie w karcie analizy: 1 – samiec, 2 – samica, 0 – nie oznaczono),
- stadium dojrzałości płciowej (rozwoju gonad) wg dziewięciostopniowej zmodyfikowanej skali Maiera (Tab.4.1.1),
- ocenę napełnienia żołądków ryb pokarmem (Tab.4.1.2),
- pomiar masy osobnika po wypatroszeniu (z dokładnością do 0,1 g),
- pobranie otolitów do określenia wieku ryby (otolity umieszcza się w kopertach – Ryc.4.1.2, na których umieszczą się dane przepisane z protokołu analizy).

**Uwaga:** po wykonaniu analiz wszystkie wyniki należy przenieść do wersji elektronicznych (MS Excel) protokołów.

Tabela 4.1.1. Oznaczenia skali rozwoju gonad wg Meier'a (1908) za Pliszka (1964)

Stopień	Stadium	Samica	Samiec
<b>I</b>	<b>Młodociane</b>	Jajniki szkliste, czasami przeświecające różową barwą, o grubych ścianach i wąskim świetle. Jaj nie można rozpoznać gołym okiem; pod lupą prześwieca jednolicie ściana jajnika, gładka albo słabo punktowana. Pod mikroskopem jaja dają obraz zupełnie przezroczystych komórek wielobocznych, różnej długości, ściśle przylegających do siebie.	Jądra małe, szkliste, jasno przeświecające, bezbarwne lub szare.
<b>II</b>	<b>Spoczynkowe</b>	Jajniki mętnie przeświecające, z zabarwieniem różowym do różowo-szarego, małe z grubymi ścianami. Światło wypełnione płynem i wyraźne. Z pomocą lupy, jaja można wyróżnić jako zaokrąglone przeświecające punkty, obok których znajdują się również jaja młodociane; właściwe stadium I.	Jądra małe, mętne, szaro-różowe, przeświecające.
<b>III</b>	<b>Przygotowawcze</b>	Jajniki zazwyczaj zupełnie nieprzezroczyste, zabarwione na kolor różowo-szary do ciemno pomarańczowego, niewiele większe od jajników stadium II, mniej zwarte, bogato unaczynione; światło większe. Pojedyncze jaja widać gołym okiem; SA one wielkie, nieprzezroczyste, zabarwione na pomarańczowo; zaczyna się w nich tworzenie żółtka.	Jądra małe, nieprzezroczyste, różowe, bogato unaczynione.

<b>IV</b>	<b>Tężenia</b>	Jajniki zupełnie nieprzezroczyste do czerwono-białych, stosunkowo czyste, dochodzą najwyżej do połowy ostatecznej długości, bardzo zbite i kruche; światło jeszcze wyraźne. Jaja są wypełnione żółtkiem, a więc są jasno-pomarańczowe do czerwono-białych i nieprzezroczyste; przylegają do siebie tak ściśle, że zgniatają się wzajemnie, przyjmując kształty wieloboczne.	Jądra zbite, czerwono-białe do białych; jeszcze małe. Przy naciśnięciu brak kropeł spermy.
<b>V</b>	<b>Wydłużania się</b>	Jajniki nieprzezroczyste, pomarańczowe, do czerwono-białych; doszły do ostatecznej długości (stąd nazwa tego stadium), bardzo zbite, kruche, światło ściśnione. Jaja jak w stadium IV, ale ponownie zaokrąglone; mogą mieć charakter oddzielonych, dojrzałych do tarła, szklano-przezroczystych.	Jądra nieprzezroczyste, białe; osiągnęły ostateczną długość. Przy nacisku wycieka lepka kropla białej spermy; ściany zbite
<b>VI</b>	<b>Dojrzałe</b>	Jajniki prześwitujące, szaro-czerwonawe; pojedyncze miejsca niekiedy barwy pomarańczowej, do białoszarej, nieprzezroczyste; długość jak w stadium V; bardzo zbite, ale przy ucisku ustępują; światło wypełnione płynną ikrą. Większość jaj jest przezroczysta, jasno szklana, z miejsc tych przy nacisku jaja łatwo wypadają; obok jaja jeszcze nieprzezroczyste jak w stadium V.	Jądra nieprzezroczyste, białe, długość ostateczna; przy nacisku sperma spływa jak mleko; ściany wiotkie.
<b>VII</b>	<b>Na wpół wytarte</b>	Jajniki szare do niebiesko-czerwonych, przeświecające, nieco skrócone; ściany obwisłe, bogate w krew; światło bardzo wielkie, z ikrą płynną i obficie wypełnioną płynem. Nie ma już jaja nieprzezroczystych (stadium V), większość szklisto jasnych jaj jest już wytarta, inne w świetle.	Jądra nieprzezroczyste, białe, ze słabym zaczerwienieniem, nieco skrócone, przy naciśnięciu spływa sperma; ściany słabe i wiotkie.
<b>VIII</b>	<b>Wytarte</b>	Jajniki niebiesko-czerwone, wyraźnie skrócone; ściany bardzo słabe, często zmarszczone, przekrwione; światło bardzo wielkie, z wielką ilością płynu, zaledwie ślady ikry; przypomina stadium I. Z białych jaj jedynie resztki, większość już zmarszczona i ulega resorpcji; inaczej jak w stadium II.	Jądra niebiesko-czerwone do szaroczerwonych, silnie skrócone, już nie ma spermy ściany bardzo słabe, bogate w naczynia krwionośne. Zwolna przechodzą w stadium II.
<b>IX</b>	<b>Nietypowe</b>	Ryby z nietypowymi gonadami, których rozwój został zaburzony w wyniku chorób.	Ryby z nietypowymi gonadami, których rozwój został zaburzony w wyniku chorób.

Tabela 4.1.2. Stopnie wypełnienia żołądka w pięciostopniowej skali


Oznaczenie	Opis żołądka
0	żołądki puste
1	żołądki w ¼ objętości wypełnione pokarmem
2	w ½ objętości wypełnione pokarmem
3	w ¾ objętości wypełnione pokarmem
4	żołądki całkowicie wypełnione lub rozepchane pokarmem

gatunek .....

data .....

nr ..... / .....

..... cm ..... g



gonady .....

żołądek .....

wiek .....

Ryc.4.1.2. Koperta do przechowywania otolitów

Na podstawie uzyskanych danych, dla każdego połowu, należy wyznaczyć:

- zagęszczenie ryb:
  - względne na 100 m długości narzędzia połowowego (połowy narzędziami stawnymi),
  - bezwzględna na 1000 m<sup>2</sup> przetrałowanej powierzchni (połowy narzędziami wleczonymi),
- różnorodność gatunkową wyrażoną przez:
  - liczbę gatunków ichtiofauny,
  - wskaźnik Shannona-Wienera (H'), opisany w rozdziale 4.3.6,
- udział procentowy poszczególnych gatunków w całkowitej liczebności i biomacie połowu,
- dla poszczególnych gatunków należy wyznaczyć:
  - frekwencję w 1 cm klasach długości, jeżeli jest to możliwe wyznaczyć średnią długość,
  - frekwencję w grupach masy (wielkość grupy masy należy wyznaczyć na podstawie jej stwierdzonego zakresu), jeżeli to możliwe wyznaczyć średnią masę,
  - udział procentowy płci,
  - udział procentowy stadiów rozwoju gonad (osobno dla każdej płci),
  - udział procentowy stopni wypełnienia żołądka,

- zależność masy od długości na podstawie wzoru Laglera (Ricker 1975):

$$W = a * L * b^{-1}$$

gdzie:

$W$  – masa [g],

$L$  – długość [cm],

$a, b$  – współczynniki.

- kondycję osobniczą (Fultona) zgodnie ze wzorem (Ricker 1975):

$$F = 100 * W * L - 3$$

gdzie:

$F$  – współczynnik kondycji osobniczej,

$W$  – masa ryby [g],

$L$  – długość [cm].

- kondycję osobniczą (Clarka) zgodnie ze wzorem (Ricker 1975):

$$C = 100 * Wp * L - 3$$

gdzie:

$C$  – współczynnik kondycji osobniczej,

$Wp$  – masa ryby po wypatroszeniu [g],

$L$  – długość [cm].

#### **4.1.7. Sprawozdanie**

Wyniki uzyskane w trakcie zajęć są przedstawiane przy pomocy wykresów i tabel. Wszyscy studenci z grupy przygotowują pisemne sprawozdanie, składające się z następujących części: wstęp, materiały i metody, wyniki, wnioski i literatura. W miarę możliwości w sprawozdaniu należy uwzględnić wyniki innych badań i obserwacji prowadzonych przez studentów w czasie ćwiczeń. Przedstawienie wyników dotyczących ichtiofauny w połączeniu z abiotycznymi i biotycznymi warunkami środowiska.

#### 4.1.8. Literatura

- Bone Q.M.A., Marshall N.B., 1982. *Biology of fishes*, Blackie, Glasgow and London.
- Brylińska M., 2000. *Ryby słodkowodne Polski*, Państwowe Wydawnictwo Naukowe, Warszawa.
- Cailliet G.M., Love M.S., Ebeling A.W., 1986. *Fishes*, Wadsworth Publishing Company, Belmont, California.
- Fisheries techniques*. 2012. American Fisheries Society, Bethesda.
- Gąsowska M., 1962. *Kręglouste i ryby*, Państwowe Wydawnictwo Naukowe, Warszawa.
- Klimaj A., Rutkiewicz S., 1970. *Atlas ryb Północnego Atlantyku*, Wydawnictwo Morskie, Gdańsk.
- Lagler K.F., Bardach J.E., Miller R.R., May Passino D.R., 1977. *Ichthyology*, John Willey & Sons. New York, Chichester, Brisbane, Toronto.
- Opuszyński K., 1979. *Podstawy biologii ryb*, Państwowe Wydawnictwa Rolnicze i Leśne, Warszawa.
- Pliszka F., 1964. *Biologia ryb*, Państwowe Wydawnictwa Rolnicze i Leśne, Warszawa.
- Przewodnik metodyczny do badań terenowych i analiz laboratoryjnych ichtiofauny w wodach przejściowych i przybrzeżnych w ramach monitoringu diagnostycznego ichtiofauny*, Inspekcja Ochrony Środowiska, Biblioteka Monitoringu Środowiska, Warszawa, 2014 ISBN 978-83-61227-33-5.
- Ricker W.E., 1975. *Computation and Interpretation of Biological Statistics of Fish Populations*, Department of the Environment Fisheries and Marine Service, Ottawa 1975.
- Rutkiewicz S., 1982. *Encyklopedia ryb morskich*, Wydawnictwo Morskie, Gdańsk.
- Schreck C.B., Moyte P.B., 1990. *Methods for fish biology*, American Fisheries Society, Bethesda, Maryland USA.
- Suworow E., 1954. *Podstawy ichtiologii*, Państwowe Wydawnictwo Naukowe, Warszawa.



## 4.2. Rozmieszczenie biomasy fitoplanktonu w strefie przybrzeżnej

(S. Śliwińska-Wilczewska)

### 4.2.1. Cel zajęć

Celem zajęć jest określenie uwarunkowań oraz rozmieszczenia biomasy fitoplanktonu w strefie przybrzeżnej Zatoki Gdańskiej.

**Słowa kluczowe:** fitoplankton, stratyfikacja pionowa, biomasa, liczebność, barwniki fotosyntetyczne, skład gatunkowy

### 4.2.2. Wykorzystywana aparatura/sprzęt

- rozeta batometrów z sondą CTD,
- mikroskop świetlny wraz z zestawem obiektywów: x10, x40, x100,
- spektrofotometr UV-VIS oraz kuwety ze szkła optycznego o długości 1 cm,
- pompa próżniowa oraz zestaw do filtracji,
- wirówka z regulacją prędkości obrotowej oraz wirnikiem do probówek 5 ml,
- pojemniki na próbki: butelki z zakrętkami o objętości 1000 ml, baniaki plastikowe z zakrętkami o objętości 10 l (na barwniki fotosyntetyczne) oraz plastikowe pojemniki z zakrętkami o objętości 50 ml (na skład gatunkowy),
- filtry z włókna szklanego Whatman GF/C (55 mm – średnica sączka; 1,20  $\mu\text{m}$  - średnica por w sączku),
- filtry strzykawkowe PTFE (13 mm - średnica sączka; 0,45  $\mu\text{m}$  - średnica por w sączku),
- odczynniki do analizy stężenia barwników fotosyntetycznych (aceton oraz przygotowany wcześniej odczynnik do ekstrakcji barwników fikobilinowych),
- naczynia laboratoryjne: plastikowe naczynia o objętości 100 ml, plastikowe cylindry miarowe o objętości 1000 ml, probówki wirówkowe o pojemności 5 ml,
- inne: pipety automatyczne o pojemności 0,5–5 ml wraz z końcówkami, bagietki szklane, stojaki na probówki wirówkowe, woda destylowana, strzykawki o pojemności 10 ml, igły do strzykawek, ręczniki papierowe, markery, szkiełka mikroskopowe podstawowe i nakrywkowe, komory hemocytometryczne, olejek immersyjny, gładki zeszyt, ołówek, gumka, klucze do oznaczania fitoplanktonu.

### 4.2.3. Lokalizacja poligonu badawczego

Jedna stacja badawcza, pobór próbek z kilku głębokości, okolice Mechelinek.

### 4.2.4. Zakres pomiarów

Zakres pomiarów dotyczy 1 stacji badawczej zlokalizowanej w okolicach Mechelinek. Próbki należy pobrać z głębokości 0, 10, 20, 30 i 40 m w celu określenia stratyfikacji pionowej fitoplanktonu Morza Bałtyckiego.

Na stacji pomiarowej należy zanotować:

- datę,
- współrzędne i głębokość stacji,
- stan morza,
- warunki meteorologiczne,
- inne obserwacje, które mogą mieć znaczenie.

#### **4.2.5. Rekomendowane warunki pogodowe do prowadzenia badań**

Brak silnych wiatrów, najlepiej pobierać próbki w sezonie wegetacyjnym.

#### **4.2.6. Przebieg zajęć**

Przed zajęciami wymagane jest zapoznanie się z informacjami dotyczącymi wykorzystywanego w czasie zajęć sprzętu zawartymi w rozdziale 3. *Aparatura wykorzystywana do badań.*

Tematyka zajęć:

1. Przedstawienie programu, wyjaśnienie zamierzeń i celu zajęć, omówienie tematyki zajęć i zaplanowanie przeprowadzanych badań, określenie warunków zaliczenia przedmiotu, przedstawienie metod zbioru oraz konserwacji próbek fitoplanktonu.
2. Rejs statkiem naukowo-badawczym, pobranie materiału do badań.

*Ćwiczenie 1:* Zebranie za pomocą batometru materiału fitoplanktonowego z 1 stacji badawczej z głębokości 0, 5, 10, 15, 20 i 25 m. Pomiar temperatury oraz zasolenia.

3. Określenie składu ilościowego fitoplanktonu w toni wodnej.

*Ćwiczenie 2:* Pomiar zawartości barwników chlorofilowych, karotenoidowych oraz fikobilinowych metodą spektrofotometryczną.

4. Określenie składu jakościowego fitoplanktonu w toni wodnej.

*Ćwiczenie 3:* Określenie składu jakościowego fitoplanktonu w toni wodnej przy użyciu technik mikroskopowych. Praca z wykorzystaniem kluczy do oznaczeń fitoplanktonu.

5. Interpretacja uzyskanych danych w kontekście tła środowiskowego. Zestawienie wyników dotyczących składu ilościowego i jakościowego fitoplanktonu pobranego podczas rejsu. Analiza uzyskanych danych. Wyciąganie wniosków.

*Ćwiczenie 4:* Określenie stratyfikacji pionowej bałtyckiego fitoplanktonu.

6. Oddanie sprawozdań pisemnych oraz prezentacja uzyskanych wyników. Podsumowanie zajęć, ocena sprawozdań pisemnych i prezentacji ustnych, zaliczenie, wystawienie ocen, wpisy do indeksów.

## Pobieranie próbek fitoplanktonu

Próbki fitoplanktonu z poszczególnych głębokości pobieramy za pomocą rozety batometrów, począwszy od warstwy podpowierzchniowej morza. W trakcie opuszczania rozety wykonujemy, za pomocą sondy CTD, pomiar zasolenia i temperatury w kolumnie wody. Po wyciągnięciu rozety na powierzchnię próbki wody zlewamy bezpośrednio do plastikowych litrowych butelek lub 10 l baniaków (w celu określenia składu ilościowego fitoplanktonu) oraz plastikowych pojemników o pojemności 50 ml (do określenia składu jakościowego fitoplanktonu). Z każdej głębokości pobieramy próbki fitoplanktonu w trzech powtórzeniach (osobno na barwniki chlorofikowe i karotenoidowe – łącznie po 3 l wody; na barwniki fikobilinowe – łącznie po 3 l wody oraz na skład gatunkowy – łącznie po 150 ml wody morskiej). Na wszystkich naczyniach należy umieścić czytelne etykiety umożliwiające identyfikację próbek. Aby uniknąć istotnych zmian w próbkach, pomiary powinny zostać wykonane jak najszybciej po pobraniu wody morskiej. Do czasu analizy próbki należy przechowywać w ciemnym i chłodnym miejscu. Należy zapisać nazwę i współrzędne stacji oraz dodatkowe informacje, które mogą być istotne podczas analizy wyników.

## Pomiar koncentracji chlorofilu *a* i karotenoidów metodą spektrofotometryczną

Zebraną wodę morską w ilości 1000 ml przesączamy przez sączek z bibuły szklanej Whatman GF/C (55 mm - średnica sączka; 1,20  $\mu\text{m}$  - średnica por w sączku). Z każdej badanej głębokości wykonujemy 3 niezależne pomiary. Następnie sączki homogenizujemy bagietką szklaną w próbówce w 4 ml 90% acetonu. Ekstrakcję materiału przeprowadzamy w ciemności i w niskiej temperaturze  $-20^{\circ}\text{C}$  przez około 2 godziny. Po tym czasie ekstrakt barwników należy zwirować w próbkach wirówkowych przez 5 minut przy  $10000 \text{ obr min}^{-1}$  w celu pozbycia się zawiesiny komórkowej i pozostałości po sączku. Dodatkowo każdą próbę sączymy przez sączki PTFE (13 mm - średnica sączka; 0,45  $\mu\text{m}$  - średnica por w sączku). Następnie wykonujemy pomiary absorpcji w 1 cm kuwetach szklanych na spektrofotetrze UV/Vis, przy długościach fali (nm): 480, 665 i 750.

Koncentrację barwników karotenoidowych wyliczamy korzystając ze wzoru Strickland i Parsons (1972):

$$\text{Karotenoidy } (\mu\text{g/ml}) = 4 (A_{480} - A_{750}) V_a/V_b$$

Natomiast do oznaczeń chlorofilu *a* używamy wzoru wyprowadzonego na podstawie współczynników podanych przez Strickland i Parsons (1972):

$$\text{Chlorofil } a (\mu\text{g/ml}) = 11,236 (A_{665} - A_{750}) V_a/V_b$$

gdzie:

$V_a$  – objętość ekstraktu (ml),

$V_b$  – objętość przesączonego materiału (ml),

$A_n$  – absorpcja przy określonej długości fali,

$n$  – długość fali (nm).

### **Pomiar koncentracji barwników fikobilinowych metodą spektrofotometryczną**

Zebraną wodę morską w ilości 1000 ml przesączamy przez sączek z bibuły szklanej Whatman GF/C (55 mm - średnica sączka; 1,20  $\mu\text{m}$  - średnica por w sączku). Z każdej badanej głębokości wykonujemy 3 niezależne pomiary. Odczynnik do ekstrakcji barwników fikobilinowych zawiera w składzie: 0,25M Trizma Base, 10 mM dwusodowy EDTA i 2 mg/ml lizozymu. Odczyn pH równy 5,5 uzyskujemy zakwaszając stężonym HCl. Sączki homogenizujemy bagietką szklaną w próbówce w 4 ml odczynnika. Ekstrakcję materiału przeprowadzamy w ciemności i w niskiej temperaturze  $-20^{\circ}\text{C}$  przez około 2 godziny. Następnie materiał 6-krotnie odmrażamy i ponownie zamrażamy w temperaturze  $-20^{\circ}\text{C}$ . Po tym czasie ekstrakt barwników wirujemy w probówkach wirówkowych przez 5 minut przy  $10000 \text{ obr min}^{-1}$  w celu pozbycia się zawiesiny komórkowej i pozostałości po sączku. Dodatkowo przed oznaczeniem na spektrofotometrze każdą próbę sączymy przez sączki PTFE (13 mm - średnica sączka; 0,45  $\mu\text{m}$  - średnica por w sączku). Pomiary absorpcji w 1 cm kuwetach szklanych wykonujemy na spektrofotometrze UV/Vis, przy długościach fali (nm): 565, 620, 650 i 750.

Zawartości barwników: fikoerytryny (PE), fikocyjaniny (PC) i allofikocyjaniny (APC) wyliczamy w oparciu o wzory Bennett i Bogorad (1973):

$$PC \text{ (mg/ml)} = [(A_{620} - A_{750})] - 0,7 (A_{650} - A_{750}) / 7,38 (V_a/V_b)$$

$$APC \text{ (mg/ml)} = [(A_{650} - A_{750}) - 0,19 (A_{620} - A_{750})] / 5,65 (V_a/V_b)$$

$$PE \text{ (mg/ml)} = [(A_{656} - A_{750}) 1000 - 2,8 PC - 1,34 APC] / 12,7 (V_a/V_b)$$

gdzie:

$V_a$  – objętość ekstraktu (ml),

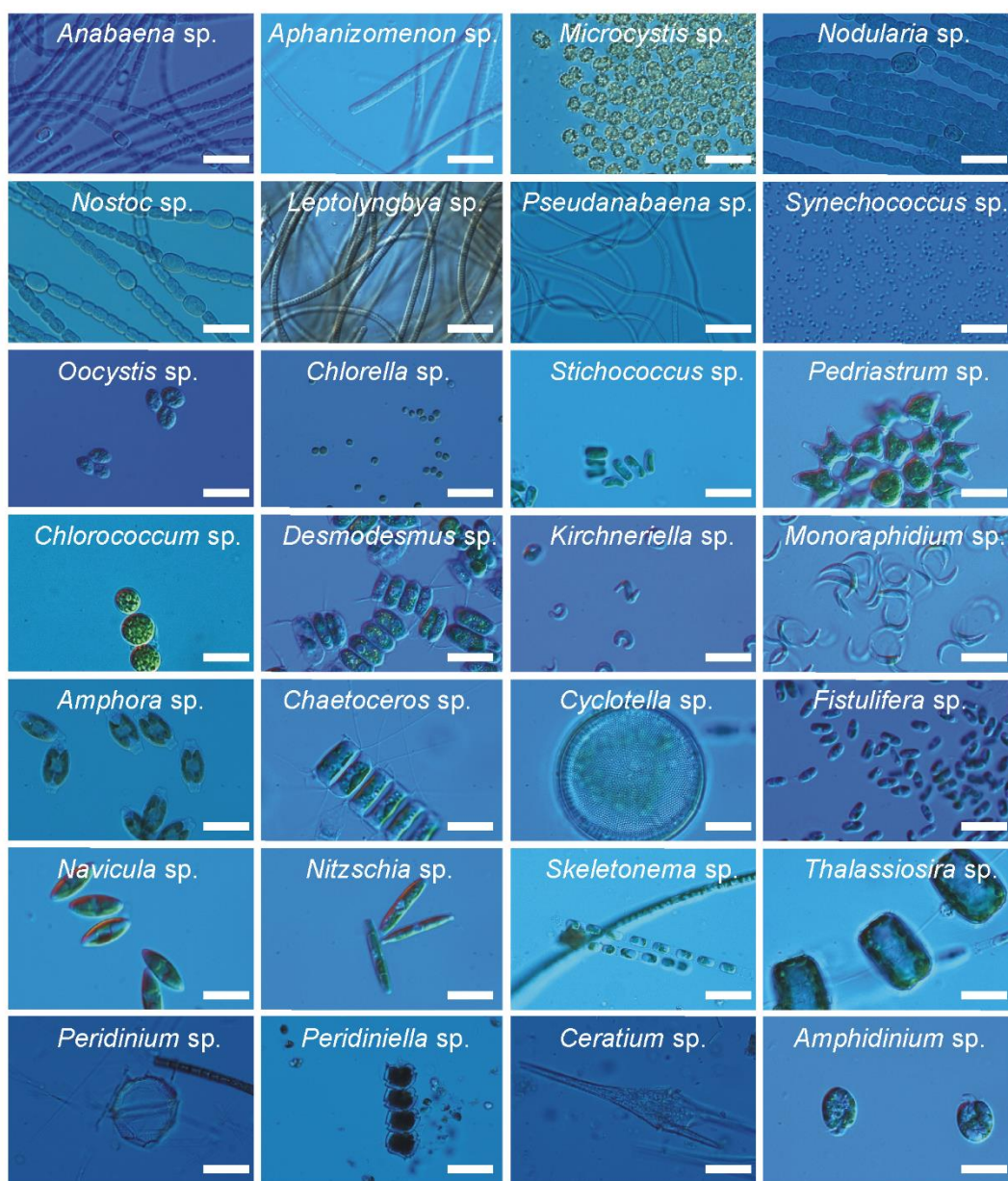
$V_b$  – objętość przesączonego materiału (ml),

$A_n$  – absorpcja przy określonej długości fali,

$n$  – długość fali (nm).

### **Określenie składu jakościowego fitoplanktonu oraz zliczanie komórek glonów w hemocytometrze**

W celu określenia składu jakościowego fitoplanktonu bałtyckiego, pobrany materiał наносimy w niewielkiej ilości na szkiełko mikroskopowe podstawowe. Przykrywamy go szkiełkiem nakrywkowym, a nadmiar wody usuwamy delikatnie ręcznikiem papierowym. Materiał zaczynamy oglądać od obiektywu x10 w mikroskopie, następnie przechodzimy do większych powiększeń. W razie potrzeby korzystamy z olejku immersyjnego. Materiał fitoplanktonowy identyfikujemy przy użyciu specjalistycznych kluczy do fitoplanktonu. Każdy zaobserwowany i zidentyfikowany gatunek rysujemy ołówkiem w przygotowanym gładkim zeszycie. Podpisujemy rysunki z uwzględnieniem pozycji systematycznej obserwowanych organizmów.

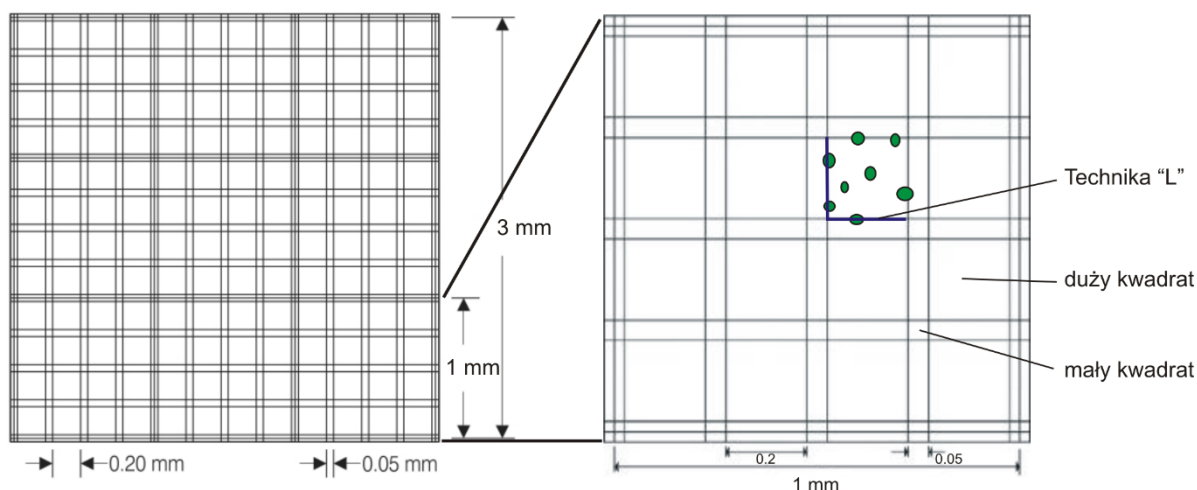


Ryc. 4.2.1. Przykłady typowych przedstawicieli fitoplanktonu Morza Bałtyckiego,  
(S. Śliwińska-Wilczewska)

W celu określenia ilości poszczególnych organizmów w toni wodnej, zebrany materiał fitoplanktonowy analizujemy przy użyciu komory hemocytometrycznej według procedury zaproponowanej przez Guillard i Sieracki (2005).

Komora hemocytometryczna (Komora Bürkera) – głębokość komory wynosi 0,1 mm (Ryc. 4.2.2). Siatka stanowi 9 dużych kwadratów oddzielonych liniami potrójnymi, każdy po 1 mm<sup>2</sup>. Każdy duży kwadrat podzielony jest liniami podwójnymi (w odległości 0,05 mm) na 16 kwadratów grupowych o długości krawędzi wynoszącej 0,2 mm. Linie podwójne tworzą najmniejsze kwadraty o powierzchni 0,0025 mm<sup>2</sup>.





Ryc. 4.2.2. Schemat budowy komory Bürkera, (Guillard i Sieracki, 2005, zmodyfikowany)

Zliczanie komórek glonów w komorze hemocytometrycznej:

- ustawiamy obiektyw x10 w mikroskopie,
- ustawiamy komorę tak, aby widoczne było największe pole ograniczone potrójnymi liniami (pole powierzchni 1 mm<sup>2</sup>),
- następnie ustawiamy obiektyw x40 w mikroskopie, ustawiamy ostrość i zliczamy poszczególne komórki fitoplanktonu,
- liczymy komórki leżące wewnątrz kwadratu o boku 1/5 mm, a także na górnych i lewych liniach graniczących, nie liczyć komórek znajdujących się na dolnych i prawych liniach ograniczających (technika "L"). Pozwoli to uniknąć liczenia tych samych komórek po 2 razy.

Ilość komórek przelicza się według następującego wzoru:

$$N = (N_0 \cdot n^{-1}) 250\,000 \text{ (dla dużych kwadratów)}$$

lub

$$N = (N_0 \cdot n^{-1}) 4\,000\,000 \text{ (dla małych kwadratów)}$$

gdzie:

$N$  – liczba komórek w 1 ml wody,

$N_0$  – liczba zliczonych komórek,

$n$  – liczba kwadratów, w których zliczano komórki.

#### 4.2.7. Sprawozdanie

Praca w grupach. Studenci muszą przygotować sprawozdanie pisemne zawierające takie elementy, jak: wstęp, materiał i metody, wyniki, dyskusja oraz literatura, a także przedstawić prezentację multimedialną z uzyskanych na zajęciach wyników badań.

#### 4.2.8. Literatura

- Bennett, A., Bogorad, L., 1973. Complementary chromatic adaptation in freshwater blue-green alga. *Journal of Cell Biology*, 58, 419–435.
- Czerwiński, W., 1977. *Fizjologia roślin*, Państwowe Wydawnictwo Naukowe, Warszawa.
- Glover, H.E., Keller, M.D., Spinrad, R.W., 1987. The effects of light quality on photosynthesis and growth of marine eukaryotic and prokaryotic phytoplankton clones, *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 105, 137–159.
- Guillard, R.R., Sieracki, M.S., 2005. Counting cells in cultures with the light microscope. In: Andersen, R.A. (ed.), *Algal Culturing Techniques*. Elsevier Academic Press, Burlington, MA, USA, pp. 239–252.
- Hall, O.D., Rao, K. K., 1999. *Fotosynteza*, Wydawnictwo Naukowo-Techniczne.
- Happey-Wood, Ch. M., 1991. Temporal and spatial patterns in the distribution and abundance of pico, nano and microphytoplankton in an upland lake, *Freshwater Biology*, 26, 453–480.
- Harris, P.G., 1986. *Phytoplankton ecology. Structure, function and fluctuation*, Chapman Hall, London.
- Jørgensen, E.G., 1969. The adaptation of plankton algae. IV. Light adaptation in different algal species. *Physiologia Plantarum*, 22, 1307–1315.
- Kopcewicz, J., Lewak, S., 2005. *Fizjologia roślin, praca zbiorowa*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa.
- Pliński, M, Komárek, J., 2007. *Flora Zatoki Gdańskiej i wód przyległych (Bałtyk Południowy)*, Wydawnictwo Uniwersytetu Gdańskiego, Gdańsk.
- Podbielkowski, Z., Tomaszewicz, H., 1996. *Zarys Hydrobotaniki*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa.
- Siefermann-Harms, D., 1985. Carotenoids in photosynthesis. I. Location in photosynthetic membranes and light-harvesting function. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA)-Reviews on Bioenergetics*, 811, 325–355.
- Stal, L.J., Albertano, P., Bergman, B., Bröckel, K., Gallon, J.R., Hayes, P.K., Sivonen, K., Walsby, A.E., 2003. BASIC: Baltic Sea cyanobacteria. An investigation of the structure and dynamics of water blooms of cyanobacteria in the Baltic Sea - responses to a changing environment. *Continental Shelf Research*, 23, 1695–1714.
- Strickland, I.D.H., Parsons, T.R., 1972. A practical handbook of seawater analysis. *Journal of the Fisheries Research Board of Canada*, 167, 1–310.
- Stryer, L., 2005. *Biochemia*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa.
- Szweykowska, A., Szweykowski, J., 2005. *Botanika*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa.

### 4.3. Poznanie różnorodności zooplanktonu z Zatoki Gdańskiej

(A. Weydmann-Zwolicka, M. Mańko, A. Panasiuk)

#### 4.3.1. Cel zajęć

Celem zajęć jest poznanie różnorodności zooplanktonu z Zatoki Gdańskiej oraz metod poboru próbek przy użyciu zaawansowanych narzędzi.

**Słowa kluczowe:** zooplankton, holoplankton, meroplankton, sieć planktonowa, MultiNet

#### 4.3.2. Wykorzystywana aparatura/sprzęt

Do poboru próbek zooplanktonu z różnych warstw kolumny wody niezbędna będzie:

- sieć planktonowa typu MultiNet, wraz z niezbędnym osprzętem, obejmującym m.in. czujnik CTD i pokładową jednostkę sterującą tj. *Deck Command Unit* (DCU).

Drobny sprzęt laboratoryjny:

- kuweta do zlewania próbki,
- tryskawka na wodę morską,
- wiadro z liną,
- lejek, butelki na próbki wraz ze skrzynką.

Dodatkowo warto mieć zapasowe pojemniki na ciekawe organizmy, które mogą trafić do sieci podczas zaciągu. Aby prawidłowo opisać próbkę należy przygotować: kalkę techniczną i ołówek, naklejki na butelki i marker. Do zakonserwowania próbki niezbędny będzie wodny roztwór formaldehydu (40%) oraz rękawiczki ochronne i ręczniki papierowe.

#### 4.3.3. Lokalizacja poligonu badawczego

Dwie stacje badawcze: płytką i głęboką leżące w rejonie Zatoki Gdańskiej.

#### 4.3.4. Zakres pomiarów

Dwie stacje badawcze, liczba próbek uzależniona od głębokości stacji: na każdej ze stacji pobór próbek z warstw o miąższości 10 m, z zapasem około 2 m nad dnem, żeby nie zniszczyć sieci. Czyli przykładowo dla stacji o głębokości 42 m: 40–30 m, 30–20 m, 20–10 m i 10 m–powierzchnia.

#### 4.3.5. Rekomendowane warunki pogodowe do prowadzenia badań

Pobór próbek zooplanktonu powinien być prowadzony przy stanie morza nie większym niż 3, ze względu na możliwość zniszczenia sieci oraz w dzień, ponieważ część organizmów planktonowych dokonuje dobowych wędrówek pionowych w kolumnie wody

#### 4.3.6. Przebieg zajęć

Przed zajęciami wymagane jest zapoznanie się z informacjami dotyczącymi wykorzystywanego w czasie zajęć sprzętu zawartymi w rozdziale 3. *Aparatura wykorzystywana do badań.*

**Przygotowanie.** Przygotowanie do zajęć należy rozpocząć od skompletowania wykorzystywanej aparatury i drobnego sprzętu laboratoryjnego, oraz przygotowania laboratorium mokrego do pracy z zebranymi próbkami zooplanktonowymi, w szczególności, stanowiska do ich konserwacji. Należy szczególnie pamiętać o wcześniejszym opisanie próbek służących do zbioru próbek planktonowych. Wszystkie kroki przygotowujące do uruchomienia MultiNet'u należy przeprowadzić zgodnie z instrukcjami zebranymi w rozdziale 3 skryptu, dla zaciągów pionowych i podpinając sieci o średnicy oczka 100  $\mu\text{m}$ .

**Pobór próbek.** Po dopłynięciu jednostki na punkt zbioru próbek, należy udać się na pokład celem sprawdzenia poprawności przygotowania MultiNet'u do pracy oraz podpięcia kolektorów. Ponieważ jednostka UU MultiNet'u (*Underwater Unit*, patrz rozdział 3 skryptu) obsługiwana jest przez załogę *r/v Oceanograf* to studenci powinni się udać do laboratorium mokrego, w którym pod opieką osoby prowadzącej zajęcia, będą kontrolowali zbiór próbek planktonowych.

W czasie zanurzenia MultiNet'u, zadaniem studentów, będzie informowanie załogi o głębokości jego zanurzenia, tak żeby zatrzymać go ok. 3 m nad dnem, aby uniknąć uszkodzenia kolektorów o dno. Głębokość kolumny wody należy podzielić na warstwy o identycznej miąższości, przy czym nie mniejszej niż 10 m, z możliwym wyjątkiem warstwy najgłębszej. Dla przykładu, dla dna na głębokości 49 m, MultiNet należy opuścić na 46 m, i zebrać próbki zooplanktonu z warstw 46–40, 40–30, 30–20, 20–10, 10–0. Sieci MultiNet'u należy zamykać w drodze powrotnej sprzętu na powierzchnię przy pomocy oprogramowania OceanLab, pamiętając, żeby prędkość wyciągania nie przekraczała  $1 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ . W celu zamknięcia sieci na zadanej głębokości należy kliknąć przycisk Action w OceanLab. Po wyciągnięciu MultiNet'u nad poziom wody na bramie, należy spłukać sieci wodą morską od zewnątrz, aby organizmy zahaczone o sieci spłynęły do kolektorów, a następnie umieścić cały system na pokładzie. Wtedy należy odpiąć kolektory od stelażu i przenieść je do laboratorium mokrego, uprzednio oznaczając, który z kolektorów pochodzi z której warstwy wody.

**Konserwacja próbek zooplanktonu.** W laboratorium mokrym, należy zagaęścić próbki zooplanktonu przy użyciu specjalnego sita. W tym celu, zawartość kolektora należy powoli wylewać na sito, a następnie jego zawartość przelać do uprzednio przygotowanej butelki na próbkę.

Butelka powinna być dokładnie opisana za pomocą Identyfikatora próbki: Rok, Stacja badawcza, Głębokość zaciągu max.-Głębokość zaciągu min., wraz z datą poboru i typem użytej sieci planktonowej. Taka sama informacja powinna się znaleźć na kawałku kalki technicznej, wypisanej za pomocą ołówka i umieszczonej w butelce.

Organizmy pozostające na sicie należy spłukać do butelki przy pomocy tryskawki wypełnionej wodą morską. Próbkę w butelce należy uzupełnić do 9/10 objętości butelki używając wody morskiej, a następnie dodać nasycony, wodny roztwór formaldehydu (40%),

czyli formalinę, w proporcji 1:10 do objętości próbki, tak, żeby po zakonserwowaniu stężenie formaliny (tj. wodnego roztworu formaldehydu) wynosiło ok. 4%. Po zamknięciu, butelki, należy nią kilka razy wstrząsnąć, celem wymieszania formaliny z próbką. Po zakończeniu wszystkich powyższych czynności, należy sprzątnąć laboratorium mokre oraz wyłączyć komputer z oprogramowaniem OceanLab.

#### **4.3.7. Sprawozdanie**

Szczegółowy opis metodyki zbioru zooplanktonu przy użyciu MultiNet'u, oraz przebiegu tej części zajęć będzie stanowił rozdział Materiały i Metody sprawozdania przygotowywanego przez studentów, po zakończeniu laboratoryjnej analizy pobrany próbek.

#### **4.3.8. Literatura**

Harris, R., Wiebe, L., Lenz, L., Skjoldal, H., Huntley, M., 2000. *ICES zooplankton methodology manual*, Academic Press, London.

Castellani, C., Edwards, M., 2017. *Marine Plankton. A practical guide to ecology, methodology, and taxonomy*, Oxford University Press.



## 4.4. Przestrzenne zmiany w różnorodności gatunkowej i liczebności makrozoobentosu Zatoki Gdańskiej

(M. Normant-Saremba, J. Hegele-Drywa)

### 4.4.1. Cel zajęć

Celem zajęć jest znalezienie odpowiedzi na pytanie czy makrofauna zasiedlającej dno w różnych rejonach Zatoki Gdańskiej różni się pod względem jakościowym i ilościowym. Badania zostaną przeprowadzone w oparciu o analizy składu taksonomicznego i liczebności poszczególnych gatunków w próbkach zebranych na kilku stacjach badawczych, o różnej charakterystyce batymetrycznej oraz warunkach środowiskowych. W celu porównania przestrzennego zróżnicowania różnorodności makrozoobentosu zostaną również zastosowane wskaźniki różnorodności gatunkowej.

**Słowa kluczowe:** bezkręgowce denne, różnorodność gatunkowa, zagęszczenie, wskaźniki różnorodności gatunkowej

### 4.4.2. Wykorzystywana aparatura/sprzęt

- czerpacz Van Veen'a,
- draga denna,
- sito do płukania próbek bentosowych (średnica oczka 1 mm),
- sitko laboratoryjne (średnica oczka 1 mm),
- batometr,
- miernik z elektrodami do pomiaru temperatury, zasolenia, tlenu i pH,
- mikroskop stereoskopowy,
- szczelne butelki z szeroką szyjką o objętości 1000, 500, 250 i 100 cm<sup>3</sup>,
- formaldehyd 4% do konserwacji materiału,
- kuwety laboratoryjne, szalki, igły preparacyjne i pęsety, markery, ręcznik papierowy,
- komputer z oprogramowaniem *MS Office*.

### 4.4.3. Lokalizacja poligonu badawczego

Stacje badawcze są zlokalizowane w Zatoce Gdańskiej, na profilu od wód najpłytszych do najgłębszych (sugerowany rejon Góry Szwedów), analogicznym jak w badaniach zmienności przestrzennej występowania ryb w morzu (rozdział 4.1).

### 4.4.4. Zakres pomiarów

Zbiór materiału odbywa na stacjach badawczych zlokalizowanych na dnie o różnej głębokości, różniącej się co najmniej o 10 m. Liczba stacji jest uzależniona od czasu zajęć, jednak powinna wynosić minimum 5. Na każdej stacji przeprowadza się zbiór próbek makrozoobentosu przy pomocy czerpacza Van Veen'a o znanej powierzchni (trzy powtórzenia) oraz dragi dennej (jedno powtórzenie,  $\pm 1,7$  węzła, czas dragowania  $\pm 10$  min., wokół stacji zbioru), a także

pobiera się wodę naddenną (1 m ponad dnem) przy pomocy batometru (jedno powtórzenie). Należy zanotować współrzędne geograficzne i głębokość w każdym punkcie zbioru próbek przy pomocy czerpacza (Tab. 4.4.1).

#### 4.4.5. Rekomendowane warunki pogodowe do prowadzenia badań

Stabilne warunki meteorologiczne (prędkość wiatru < 20 km/h), próbki powinny być zbierane w sezonie wegetacyjnym, najlepiej w okresie letnim.

#### 4.4.6. Przebieg zajęć

Przed zajęciami wymagane jest zapoznanie się z informacjami dotyczącymi wykorzystywanego w czasie zajęć sprzętu zawartymi w rozdziale 3. *Aparatura wykorzystywana do badań.*

#### Zbiór próbek i przygotowanie do analiz

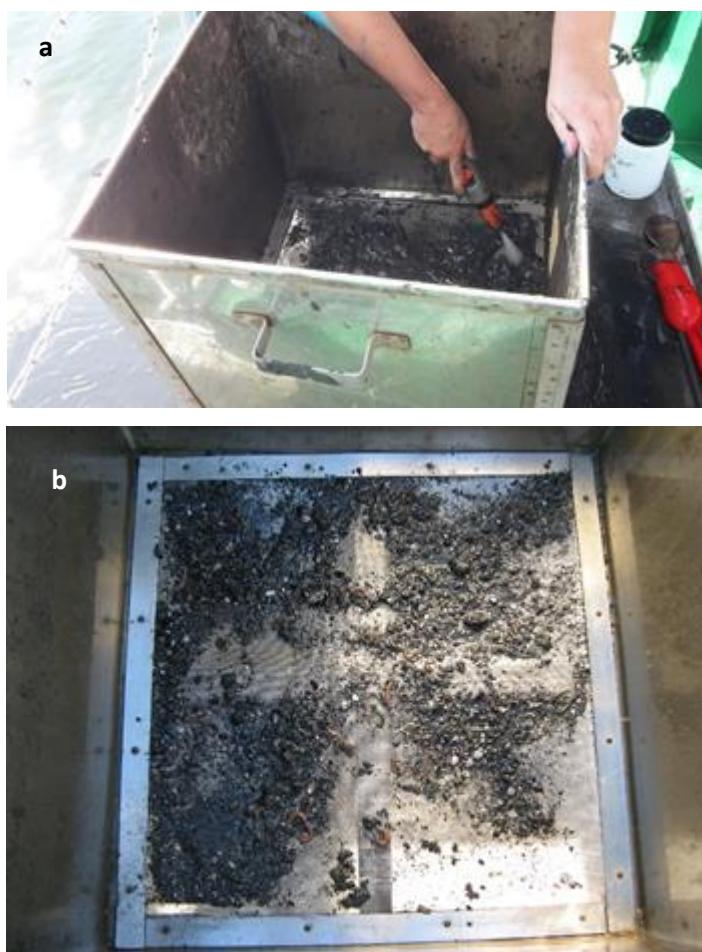
Studenci pracują w 2–3 osobowych zespołach, z których każda zbiera próbki na jednej stacji badawczej. Po pobraniu materiału określa się rodzaj dna (piaszczyste, muliste, piaszczysto-muliste). Każdą próbkę pobraną za pomocą czerpacza Van Veena przepłukuje się na sicie o boku oczka 1 mm (Ryc. 4.4.1a). Materiał pozostały na sicie (Ryc. 4.4.1b) przenosi się do szczelnie zamykanych i odpowiednio opisanych butelek (data, numer stacji, numer powtórzenia), o objętości 250, 500 lub 1 000 cm<sup>3</sup> dostosowanej do objętości próbki, a następnie konserwuje 4% roztworem formaldehydu w celu dalszych analiz.

Każdą próbkę wody pobraną batometrem przelewa się przy pomocy wężyka bezpośrednio do trzech butelek o objętości 1 000 cm<sup>3</sup> w celu określenia następujących parametrów: zasolenia ( $\pm 0,1$ ), temperatury ( $\pm 0,1^{\circ}\text{C}$ ), natlenienia ( $\pm 0,1 \text{ mg l}^{-1}$ ) oraz pH ( $\pm 0,01$ ) przy użyciu wielofunkcyjnego miernika WTW (Niemcy). Parametry wody określone dla każdej stacji badawczej należy zanotować w protokole zbiorczym, którego przykład podano w tabeli 4.4.1.

Próbki zebrane przy pomocy drągi dennej stanowią jedynie uzupełnienie prób zebranych przy pomocy czerpacza, gdyż mogą dostarczyć dodatkowej informacji o składzie taksonomicznym w miejscu zbioru. W każdej próbce zebranej drągą denną identyfikuje się różne gatunki makrobentosowe. W przypadku problemów z identyfikacją bezpośrednio po zbiorze organizmy pobiera się do szczelnie zamykanych i odpowiednio opisanych butelek o objętości 100 lub 250 cm<sup>3</sup> i konserwuje 4% roztworem formaldehydu w celu dalszych analiz taksonomicznych z użyciem mikroskopu stereoskopowego. Istotnym jest, aby zidentyfikować jak największą liczbę różnych gatunków w próbce pobranej drągą denną.

Tabela 4.4.1. Przykład protokołu zbiorczego zawierającego informacje na temat lokalizacji stacji badawczych, rodzaju dna (\**piaszczyste, muliste, piaszczysto-muliste*) i parametrów fizykochemicznych wody

Parametr	Stacja badawcza, data.....				
	1	2	3	4	5
Długość geograficzna ( $\lambda$ )					
Szerokość geograficzna ( $\varphi$ )					
Głębokość (m)					
Rodzaj dna*					
Zasolenie ( $\pm 0,1$ )					
Temperatura ( $\pm 0,1^{\circ}\text{C}$ )					
Tlen ( $\pm 0,1 \text{ mg l}^{-1}$ )					
pH ( $\pm 0,01$ )					



Ryc. 4.4.1. a) płukanie materiału pobranego czerpaczem na sicie, b) materiał pozostały po płukaniu, (fot. M. Normant-Saremba)

## Analizy składu gatunkowego i określenie zagęszczenia

Studenci pracują w 2–3 osobowych zespołach, z których każda analizuje próbki zebrane na jednej stacji badawczej. Analizy taksonomiczne zakonserwowanych próbek rozpoczyna się od ich dokładnego wypłukania pod bieżącą wodą na sitku laboratoryjnym o boku oczka 1 mm. Następnie wykonuje się makroskopową identyfikację taksonomiczną fauny bentosowej na podstawie cech taksonomicznych podanych w literaturze specjalistycznej (np. Jażdżewski, 1971, 1975; Żmudziński, 1990; Barnes, 2005; Hayward i Ryland, 1996; Szaniawska, 2014; Piechocki i Wawrzyniak-Wydrowska, 2016; Zettler i Zettler, 2017). W przypadku organizmów, których nie można zidentyfikować makroskopowo należy użyć mikroskopu stereoskopowego. Identyfikację wykonuje się do możliwie najniższej jednostki taksonomicznej, tj. gatunku czy rodzaju. Następnie, dla każdej stacji badawczej określany jest skład gatunkowy makrozoobentosu w oparciu o próbki zebrane dragą i czerpaczem. W przypadku próbek zebranych czerpaczem określa się także liczbę osobników należących do danego gatunku w kolejnych trzech powtórzeniach próbki. Wyniki należy zanotować w protokole zbiorczym, którego przykład podano w tabeli 4.4.2. Na podstawie liczby wszystkich osobników zebranych na danej stacji badawczej i powierzchni zbioru, z której zostały zebrane trzy powtórzenia próbki należy obliczyć średnie zagęszczenie osobników na kolejnych stacjach badawczych.

Tabela 4.4.2. Przykład protokołu zbiorczego zawierającego wyniki analiz składu gatunkowego i zagęszczenia poszczególnych gatunków na analizowanych stacjach badawczych

Stacja badawcza.....data.....				
Gatunek	Próbka zebrana dragą	Próbki zebrane czerpaczem		
	Obecność (0- nie, 1 -tak)	Liczba osobników w próbce		
		1	2	3

Na każdej stacji badawczej, w oparciu o wskaźnik dominacji ( $D$ ) obliczany ze wzoru 1, określa się gatunek dominujący (gdy wskaźnik dominacji jest większy niż 10%):

$$D = \frac{S_a}{S} 100\% \quad (1)$$

gdzie:

$S_a$  – liczba osobników należących do danego gatunku,

$S$  – liczba wszystkich osobników.

Natomiast dla każdego gatunku określa się wskaźnik stałości ( $C$ ) na wszystkich stacjach badawczych w oparciu o wzór 2:

$$C = \frac{q}{Q} \cdot 100\% \quad (2)$$

gdzie:

$q$  – liczba prób, w których występuje dany gatunek,

$Q$  – liczba wszystkich analizowanych prób.

W oparciu o wartość wskaźnika każdy z gatunków przyporządkowuje się do jednej z poniższych grup: gatunek absolutnie stały: 76–100%, gatunek stały: 51–75%, gatunek akcesoryczny: 26–50% i gatunek przypadkowy: 0–25%.

### **Określenie wskaźników różnorodności**

Do oceny różnorodność makrozoobentosu na stacjach badawczych należy zastosować trzy wskaźniki, obliczone na podstawie wyników uzyskanych z analizy składu jakościowego i ilościowego (Czachorowski, 2006):

*Wskaźnik Margalefa ( $d$ ) ze wzoru 3:*

$$d = \left( \frac{S-1}{\log N} \right) \quad (3)$$

gdzie:

$S$  – liczba gatunków,

$N$  – liczba wszystkich osobników.

*Wskaźnik Shannona-Wienera ( $H'$ ) ze wzoru 4:*

$$H' = - \sum_{n=1}^S (p_i \log p_i) \quad (4)$$

gdzie:

$S$  – liczba gatunków,

$p_i$  – stosunek liczby osobników  $i$ -tego gatunku na stacji badawczej do liczby wszystkich osobników wszystkich gatunków na stacji badawczej.

*Wskaźnik równomierności Pielou ( $J'$ ) ze wzoru 5:*

$$J' = \frac{H'}{\log_2 S} \cdot 100\% \quad (5)$$

gdzie:

$S$  – liczba gatunków,

$H'$  – wskaźnik Shannona-Wienera.



Wartości wskaźników należy zanotować w protokole zbiorczym, którego przykład podano w tabeli 4.4.3.

Tabela 4.4.3. Przykład protokołu zbiorczego zawierającego wartości wskaźników różnorodności dla analizowanych stacjach badawczych

Stacja badawcza	Gatunek dominujący	Wskaźnik różnorodności		
		Margalefa ( $d$ )	Shannona-Wienera ( $H'$ )	Pielou ( $J'$ )
1				
2				
3				
4				
5				

#### 4.4.7. Sprawozdanie

Wyniki uzyskane w trakcie zajęć są zestawiane w arkuszu kalkulacyjnym i następnie opracowywane graficznie w programie Microsoft Excel. Wszyscy studenci z grupy przygotowują pisemne sprawozdanie, składające się z następujących części: wstęp, materiały i metody, wyniki, wnioski i literatura.

#### 4.4.8. Literatura

- Barnes, R.S.K., 2005. *The brackish-water fauna of northwestern Europe*, Cambridge University Press, Cambridge.
- Czachorowski, S., 2006. Opisywanie biocenozy – zoocenologia. Skrypt elektroniczny dla magistrantów (wersja druga uzupełniona i poprawiona), Olsztyn (maszynopis dostępny w formacie PDF: <http://www.uwm.edu.pl/czachor/publik/pdf-inne/zoocenozy.pdf>).
- Hayward, P.J., Ryland, J.S., 1996. *Handbook of the Marine Fauna of North-West Europe*, Oxford University Press.
- Jażdżewski, K., 1971. Ekologia pancerzowców (Malacostraca) Zatoki Puckiej. *Acta. Biol. Et Med. Soc. Sc. Gedan.* 16, 9-77.
- Jażdżewski, K., 1975. *Morfologia, taksonomia i występowanie w Polsce kielży z rodzajów Gammarus Fabr. i Chaetogammarus Mart. (Crustacea, Amphipoda)*, Praca habilitacyjna, Uniwersytet Łódzki, 185 str.
- Piechocki, A., Wawrzyniak-Wydrowska, B., 2016. *Guide to Freshwater and Marine Mollusca of Poland*, Bogucki Wydawnictwo Naukowe.
- Szaniawska, A., 2014. *Skorupiaki Bałtyku*, Wydawnictwo UG, Sopot.
- Zettler, M., Zettler, A., 2017. *Marine and freshwater Amphipoda from the Baltic Sea and adjacent territories*, Tesinska Tiskarna, Czech Republic.
- Żmudziński, L., 1990. *Świat zwierzęcy Bałtyku*, Wydawnictwa Szkolne i Pedagogiczne, Warszawa.

## 4.5. Stężenie soli biogenicznych oraz koncentracja materii zawieszanej i chlorofilu

(K. Łukawska-Matuszewska, D. Burska)

### 4.5.1. Cel zajęć

Określenie zmienności stężenia substancji odżywczych oraz koncentracji zawiesiny i chlorofilu w kolumnie wody. Analiza uzyskanych wyników w kontekście lokalizacji stacji i uwarstwienia kolumny wody (stałej halokliny oraz sezonowej termokliny). Wskazanie procesów kształtujących zmienność analizowanych parametrów.

**Słowa kluczowe:** sole odżywcze, zawieszona materia organiczna, barwniki fotosyntetyczne, stratyfikacja

### 4.5.2. Wykorzystywana aparatura/sprzęt

- rozeta batometrów z sondą CTD,
- pojemniki na próbki: butelki i baniaki plastikowe z zakrętkami o objętości 500 ml (na substancje biogeniczne) oraz 5 l (na zawiesinę),
- spektrofotometr UV-VIS oraz kuwety ze szkła optycznego o długości 1 i 5 cm,
- kolumny redukcyjne wypełnione kadmem pokrytym miedzią,
- wirówka z regulacją prędkości obrotowej oraz wirnikiem do probówek 10 ml,
- pompa próżniowa i zestawy do filtracji,
- filtry z włókna szklanego typu GF/F o średnicy 47 mm oraz 25 mm,
- odczynniki do analizy stężenia substancji biogenicznych i chlorofilu (szczegóły podano w punkcie 4.5.6),
- naczynia laboratoryjne: kolbki stożkowe szklane o objętości 100 ml, buteleczki szklane o objętości 50 ml z korkiem na szlif, plastikowe naczynia o objętości 100 ml, plastikowe cylindry miarowe o różnej objętości (25 ml, 50 ml, 1 000 ml), probówki szklane o objętości 10 ml z korkami,
- inne: pipety automatyczne o pojemności 0,5–5 ml wraz z końcówkami, butelka z dozownikiem o pojemności dodawania 0,1 ml, bagietka szklana, woda dejonizowana i destylowana.

### 4.5.3. Lokalizacja poligonu badawczego

Ćwiczenie najlepiej wykonać na dwóch stacjach. Jedna stacja powinna być zlokalizowana w rejonie występowania halokliny w Zatoce Gdańskiej. Głębokość tej stacji powinna wynosić przynajmniej ok. 70–80 m. Druga stacja powinna być położona w pobliżu źródła substancji odżywczych do morza – np. w pobliżu ujścia rzeki czy kolektora ściekowego.

#### 4.5.4. Zakres pomiarów

Wielkość analizowanych parametrów w Bałtyku zmienia się wraz ze wzrostem odległości od brzegu, jak również w kolumnie wody. Na każdej stacji próbki powinny zostać pobrane z kilku głębokości z różnych warstw morza. Standardowe głębokości pobierania wody morskiej to: 0,5 m (warstwa podpowierzchniowa), 5 m, 10 m, 15 m, 20 m, 30 m, 50 m, 70 m, 90 m oraz przy dnie.

Dla każdej stacji pomiarowej należy zanotować:

- datę,
- współrzędne i głębokość stacji,
- stan morza,
- warunki meteorologiczne (temperatura powietrza, prędkość i kierunek wiatru, zachmurzenie, opady),
- inne obserwacje, które mogą mieć znaczenie.

#### 4.5.5. Rekomendowane warunki pogodowe do prowadzenia badań

Nie ma szczególnych wymagań co do warunków pogodowych. Z uwagi na sezonową zmienność badanych parametrów, najlepiej przeprowadzić ćwiczenie w sezonie wegetacyjnym.

#### 4.5.6. Przebieg zajęć

Przed zajęciami wymagane jest zapoznanie się z informacjami dotyczącymi wykorzystywanego w czasie zajęć sprzętu zawartymi w rozdziale 3. *Aparatura wykorzystywana do badań.*

#### **Pobieranie próbek wody morskiej**

Próbki wody morskiej z poszczególnych głębokości pobieramy za pomocą rozety batometrów, począwszy od warstwy podpowierzchniowej morza. W trakcie opuszczania rozety wykonujemy, za pomocą sondy CTD, pomiar zasolenia i temperatury w kolumnie wody. Po wyciągnięciu rozety na powierzchnię próbki wody zlewamy przez wężyk bezpośrednio do butelek. W pierwszej kolejności pobieramy próbki do analizy stężenia substancji biogenicznych. Następnie pobieramy próbki na zawiesinę i chlorofil. W przypadku dużej ilości zawiesin lub frakcji mineralnej dochodzi do wstępnej sedymentacji w butli batometru, czego należy unikać. Dlatego do pojemnika o pojemności 5 l zlewamy w całości wodę, która pozostała w batometrach. Na wszystkich naczyniach należy umieścić czytelne etykiety umożliwiające identyfikację próbek. Aby uniknąć zmian w próbkach, np. w wyniku procesów mikrobiologicznych, pomiary powinny zostać wykonane jak najszybciej po pobraniu wody. Do czasu analizy próbki należy przechowywać w ciemnym i chłodnym miejscu. W karcie pracy należy zapisać nazwę i współrzędne stacji oraz dodatkowe informacje, które mogą być istotne podczas analizy wyników.

## Analiza stężenia substancji biogenicznych

Ćwiczenie obejmuje oznaczenie stężenia amoniaku, azotanów azotynów, fosforanów i krzemianów z wykorzystaniem standardowych metod spektrofotometrycznych stosowanych w analizie wody morskiej (Grasshoff, 1990; Trzosińska i in., 1980). Substancje biogeniczne w wodzie morskiej reagują z dodanymi do próbek odczynnikami z wytworzeniem barwnych związków, których absorbancję mierzymy w spektrofotometrze. Odczynniki, które dodajemy do próbek w celu oznaczenia stężenia poszczególnych substancji zestawiono w Tab. 1. Dokładny skład odczynników oraz szczegółowy opis ich przygotowania można znaleźć w innych podręcznikach, np. Falkowska i in. (1999), Grasshoff (1990), Trzosińska i in. (1980).

Należy zwrócić uwagę na rodzaj naczyń używanych do analizy danej substancji. W analizie krzemianów stosujemy wyłącznie plastikowe naczynia. Z kolei oznaczenie amoniaku wykonujemy w butelkach szklanych zamykanych na szlif. W przypadku pozostałych substancji stosujemy szklane kolbki stożkowe (Tab.4.5.1).

Tabela 4.5.1. Rodzaj i objętość naczyń oraz odczynniki używane podczas oznaczania stężenia substancji biogenicznych w wodzie morskiej

Parametr	Naczynia	Odczynniki
<b>Amoniak</b>	butelczki szklane z korkiem na szlif, V=50 ml	odczynnik I – cytrynian sodu odczynnik II – fenol odczynnik III - trion
<b>Azotyny</b>	kolbki stożkowe szklane, V=100 ml	odczynnik I – sulfanilamid odczynnik II – N-(1-naftylo)-etylenodiaminy dichlorowodorek
<b>Azotany</b>	kolbki stożkowe szklane, V=100 ml	bufor amonowy (chlorek amonu i roztwór amoniaku), pH=8,5 odczynnik I – sulfanilamid odczynnik II – N-(1-naftylo)-etylenodiaminy dichlorowodorek
<b>Fosforany</b>	kolbki stożkowe szklane, V=100 ml	odczynnik I – odczynnik mieszany (molibdenian amonu, winian antymonylopotasowy, kwas siarkowy) odczynnik II – kwas askorbinowy
<b>Krzemiany</b>	naczynia plastikowe, V=100 ml	odczynnik I – molibdenian amonu odczynnik II – kwas szczawiowy odczynnik III – kwas askorbinowy

Skróconą procedurę oznaczania stężenia substancji biogenicznych w wodzie morskiej przedstawiono na rycinie 4.5.1. Ponieważ niektóre składniki wody morskiej są nietrwałe i ich stężenie w próbkach zmienia się bardzo szybko, istotna jest kolejność wykonania analiz. W pierwszej kolejności odczynniki dodajemy do próbek na amoniak i azotyny.

Cylindrem miarowym (25 ml lub 50 ml) odmierzamy wymaganą objętość (Ryc. 4.5.1) wody morskiej i przenosimy do odpowiedniego naczynia (Tab. 4.5.1). Następnie do próbek dodajemy odczynniki i odstawiamy do czasu rozwinięcia barwy. Kolejnym etapem analizy jest pomiar absorbancji próbek na spektrofotometrze przy odpowiednio dobranej długości fali. Długość kuwety (1 lub 5 cm) dobieramy w zależności od intensywności barwy roztworu. Wyniki absorbancji wraz z informacją o długości kuwety zapisujemy w protokole.

Oznaczenie azotanów wymaga wprowadzenia dodatkowego etapu (Ryc. 4.5.1), podczas którego następuje ich redukcja do azotynów. Redukcję przeprowadza się w kolumnach redukcyjnych przy użyciu miedzi (Falkowska i in., 1999). Jednym z ważniejszych czynników wpływających na wydajność redukcji jest pH. Aby zapewnić prawidłowe środowisko reakcji do próbek dodaje się buforu amonowego, którego pH=8,5. Na wyniki oznaczenia wpływa także czas kontaktu próbki z reduktorem. Czas przepuszczania przez kolumnę 25 ml próbki powinien wynosić 2 min i 30 sek. Dalszą analizę przeprowadza się tak samo jak w przypadku azotynów (Ryc. 4.5.1). Uzyskane stężenie azotynów jest równe sumie zredukowanych azotanów oraz azotynów obecnych w oryginalnej próbce.

Woda morska				
Amoniak	Azotyny	Azotany	Fosforany	Krzemiany
35 ml + 1 ml odcz. I + 1 ml odcz. II + 1 ml odcz. III	25 ml + 0,5 ml odcz. I + 0,5 ml odcz. II	50 ml + 1 ml buforu amonowego redukcja	35 ml + 1 ml odcz. I + 1 ml odcz. II	35 ml + 1 ml odcz. I 10 min.
6 godz. pomiar abs. przy $\lambda=630$ nm	25 min. pomiar abs. przy $\lambda=540$ nm	25 ml + 0,5 ml odcz. I + 0,5 ml odcz. II	10 min. pomiar abs. przy $\lambda=880$ nm	+ 1 ml odcz. II + 1 ml odcz. III
		25 min. pomiar abs. przy $\lambda=540$ nm		30 min. pomiar abs. przy $\lambda=810$ nm

Ryc. 4.5.1. Kolejne etapy analizy substancji biogenicznych w próbkach wody morskiej

Oprócz substancji rozpuszczonych w wodzie morskiej, które w wyniku reakcji z odczynnikiem tworzą barwne związki, na absorbancję próbki wpływa także obecna w wodzie zawiesina. Dlatego w przypadku analizy azotynów, amoniaku, fosforanów i krzemianów, należy dodatkowo zmierzyć zmętnienie próbki. Pomiar wykonujemy zawsze w tej samej kuwecie, w której mierzymy absorbancję barwnych próbek.



## **Koncentracja zawiesiny**

Najczęściej stosowaną metodą pozyskiwania próbek materii zawieszonych z wody morskiej jest filtracja próżniowa na filtrach z mikrowłókien szklanych o średnicy porów zatrzymujących cząstki o wielkości  $\geq 0,7 \mu\text{m}$  (typ GF/F). Oznaczanie koncentracji zawiesiny w wodzie morskiej oparte jest na metodzie wagowej. Znaną objętość wody przesącza się przez uprzednio zważony sącdek. Następnie sącdek wraz z zawiesiną suszy się i ponownie waży. Suchą pozostałość zebranego materiału wyraża się w mg/l. Ilość przefiltrowanej wody zależy od koncentracji zawiesiny oraz średnicy zastosowanego filtra. Zazwyczaj objętość wody przesączonej przez filtr o średnicy 45 mm wynosi 1–2 l.

### Przygotowanie sączków

Sączki przed użyciem prażymy w temperaturze  $450^{\circ}\text{C}$  i ważymy z dokładnością do  $10^{-5}$  g. Przygotowane w ten sposób sączki umieszczamy w kopertkach papierowych lub szalkach Petriego, na których zapisujemy masę sączka.

### Filtracja

1. Za pomocą płaskiej pęsety umieszczamy sącdek na podstawie ze spiekem szklanym (szot), następnie zakładamy lejek i mocujemy go za pomocą klamry. Zwilżamy sącdek niewielką ilością wody dejonizowanej.
2. Wstrząsamy baniak z wodą morską, żeby wszystkie cząstki były w zawiesinie.
3. Cylindrem miarowym odmierzymy 1 l wody.
4. Wlewamy do lejka wodę morską i sączymy. Jeśli koncentracja zawiesiny na sączku jest mała, odmierzamy dodatkową objętość wody i kontynuujemy filtrację. Trzeba jednak pamiętać, że użycie zbyt dużej ilości wody może spowodować zapchanie sączka.
5. Cylinder miarowy oraz ścianki lejka spłukujemy wodą dejonizowaną, żeby usunąć cząstki które mogły zostać na ściankach.
6. Na zakończenie filtracji przepłukujemy sącdek wodą dejonizowaną (20–30 ml). W ten sposób zapobiegamy zatrzymaniu na sączku soli, która powoduje zawyżenie wyniku.
7. Wyłączamy pompę i zdejmujemy lejek. Za pomocą pęsety ostrożnie zdejmujemy sącdek i umieszczamy na papierowej kopercie lub szalce, z której został wyjęty. Zapisujemy objętość przefiltrowanej wody.
8. Sączki umieszczamy na tacce i suszymy w temp.  $105^{\circ}\text{C}$ . Wysuszone sączki wkładamy do kopertek/szalek.
9. Po powrocie do laboratorium na lądzie sączki z zawiesiną ważymy z dokładnością do  $10^{-5}$  g. Koncentrację zawiesiny wyliczamy według wzoru:

$$SPM = \frac{(W_P - W_F) * 10^3}{V}$$

gdzie:

$SPM$  – koncentracja zawiesiny w wodzie morskiej [mg/l],

$W_P$  – masa filtra z zawiesiną [g],

$W_F$  – masa pustego filtra [g],

$V$  – objętość przefiltrowanej wody [l],

$10^3$  – konwersja z g na mg.

### **Koncentracja chlorofilu**

Koncentrację chlorofilu oznacza się spektrofotometrycznie po uprzedniej ekstrakcji barwinka 90% acetonem lub 98% etanolem. W pierwszym etapie analizy próbki wody morskiej są filtrowane. Filtracja przebiega podobnie jak w przypadku próbek na zawiesinę, z tą różnicą że próbki na chlorofil sączyemy przez małe (średnica 25 mm) filtry GF/F. Nie ma także potrzeby ważenia sączków. Objętość filtrowanej wody wynosi zazwyczaj 250–500 ml, w zależności od koncentracji zawiesiny. Po zakończonej filtracji sączki umieszczamy w probówkach szklanych zamykanych korkiem, w których będzie prowadzona ekstrakcja.

#### Ekstrakcja

1. Do probówek z sączkami dodajemy pipetą 5 ml 90% acetonu i delikatnie ugniatamy sączek bagietką (objętość acetonu zależy od ilości chlorofilu na sączku, gdy jego stężenie jest wyższe należy odpowiednio zwiększyć objętość).
2. Zamykamy probówki korkiem, umieszczamy w statywie i odstawiamy na 12 godz. w ciemne i zimne miejsce, najlepiej do lodówki.
3. Po upływie tego czasu probówki wirujemy przez 10 min z prędkością 3500 obr./min.
4. Probki są gotowe do oznaczenia spektrofotometrycznego.

#### Oznaczanie na spektrofotometrze

Spektrofotometryczna analiza chlorofilu polega na pomiarze absorbancji próbek przy czterech długościach fali (630, 647, 665 i 750 nm) przed i przy dwóch długościach fali (665 i 750 nm) po zakwaszeniu 0,1 M HCl. Absorbancja przy długości 750 nm daje informację o zmętnieniu próbki. Jeśli wynik jest > 0,010 próbki należy ponownie odwirować.

1. Ustawić spektrofotometr w trybie pomiaru przy wielu długościach fal. Wyzerować urządzenie na kuwecie o długości 1 cm wypełnionej 90% acetonem.
2. Do opróżnionej kuwety odmierzyć 2 ml próbki zmierzyć absorbancję. Zapisać w protokole wyniki pomiarów przy wszystkich długościach fali.
3. Do kuwety dodać 0,1 ml 0,1 M HCl. Po upływie 1 min. zmierzyć ponownie absorbancję. Zapisać w protokole wyniki absorbancji dla długości fali 665 i 750 nm.

Na podstawie uzyskanych wyników można obliczyć koncentrację chlorofilu różnego typu. Stężenie chlorofilu *a*, *b* i *c* obliczmy według następujących wzorów (Jeffrey i Humprey, 1975):

$$Chl\ a = \frac{(11,85 (A_{665} - A_{750}) - 1,54 (A_{647} - A_{750}) - 0,08 (A_{630} - A_{750}))V_E}{V_W\ l}$$

$$Chl\ b = \frac{(21,03 (A_{647} - A_{750}) - 5,43 (A_{665} - A_{750}) - 2,66 (A_{630} - A_{750}))V_E}{V_W\ l}$$

$$Chl\ c = \frac{(24,52 (A_{630} - A_{750}) - 1,67 (A_{665} - A_{750}) - 7,6 (A_{647} - A_{750}))V_E}{V_W\ l}$$

gdzie:

*Chl a*, *b*, *c* – stężenie chlorofilu *a*, *b* i *c* [mg/m<sup>3</sup>] lub [μg/l],

*A*<sub>647</sub>, *A*<sub>665</sub> i *A*<sub>750</sub> – absorbancja przy długości fali 665 i 750 nm,

*V*<sub>E</sub> – objętość acetonu [ml],

*V*<sub>W</sub> – objętość przefiltrowanej wody [l],

*l* – długość kuwety [cm].

Pomiar absorbancji wykonany po zakwaszeniu próbek umożliwia wyliczenie stężenia aktywnego chlorofilu *a*

$$Chl\ a\ (akt.) = \frac{26,7((A_{665} - A_{750}) - (A_{665HCl} - A_{750HCl}))V_E}{V_W\ l}$$

oraz feopigmentów (Parsons i in., 1984)

$$Feo = \frac{26,7(1,7(A_{665HCl} - A_{750HCl}) - (A_{665} - A_{750}))V_E}{V_W\ l}$$

gdzie:

*Chl a (akt.)*, *Feo* – stężenie aktywnego chlorofilu *a* oraz feopigmentów [mg/m<sup>3</sup>] lub [μg/l],

*A*<sub>665</sub> i *A*<sub>750</sub> – absorbancja przy długości fali 665 i 750 nm przed dodaniem HCl,

*A*<sub>665HCl</sub> i *A*<sub>750HCl</sub> – absorbancja przy długości fali 665 i 750 nm po dodaniu HCl,

*V*<sub>E</sub> – objętość acetonu [ml],

*V*<sub>W</sub> – objętość przefiltrowanej wody [l],

*l* – długość kuwety [cm].

#### 4.5.7. Sprawozdanie

Wyniki analiz należy zapisać w protokołach. Przykładowe protokoły zamieszczono poniżej.

## Substancje biogeniczne w kolumnie wody

Data ..... Godz..... Stacja.....  $\varphi$ .....  $\lambda$  ..... Głębokość.....

Głęb [m]	ANO <sub>2</sub> k=....	Zmęt. NO <sub>2</sub> k=....	ANO <sub>3+2</sub> k=....	ANH <sub>3</sub> k=....	Zmęt. NH <sub>3</sub> k=....	ASi k=....	Zmęt. Si k=.....	APO <sub>4</sub> k=....	Zmęt. PO <sub>4</sub> k=.....
0									
5									
10									
15									
20									
30									
50									
70									
90									
DNO									

UWAGI

.....

.....

.....

.....

.....

## CHLOROFIL

Data ..... Godzina.....

Stacja.....  $\varphi$ .....  $\lambda$ ..... Głębokość.....

Głęb. [m]	V <sub>w</sub> [ml]	V <sub>E</sub> [l]	A <sub>750</sub>	A <sub>665</sub>	A <sub>647</sub>	A <sub>630</sub>	A <sub>750HCl</sub>	A <sub>665HCl</sub>
0								
5								
10								
15								
20								
30								
50								
70								
90								
DNO								

### 4.5.8. Literatura

- Falkowska, L., Bolalek, J., Łysiak-Pastuszak, E., 1999. *Analiza chemiczna wody morskiej 2. Pierwiastki biogeniczne N, P, Si, Fe*. Gdańsk, Wydawnictwo Uniwersytetu Gdańskiego.
- Grasshoff, K., Kremling, K., Ehrhardt, M., (red.), 1999. *Methods of seawater analysis*, third edition, WILEY-VCH Verlag GmbH, stron: 600.
- Jeffrey, S.W., Humphrey, G.F., 1975. New spectrophotometric equations for determining chlorophyll a, b c1 and c2 in higher plants, algae and natural phytoplankton. *Biochem Physiol. Pflanz* 167, 191-194.
- Parsons, T.R., Maita Y., Lalli, C.M., 1984. *Spectrophotometric Determination of Phaeo-pigments*, [w:] T.R. Parsons, Y. Maita, C.M. Lalli (red.), *Manual of Chemical & Biological Methods for Seawater Analysis*, Pergamon, s. 104-107.
- Trzosińska A., Falkowska L., Pęcherzewski K., Neugrbauer E., 1980. *Analiza chemiczna wody morskiej*. Gdańsk, Uniwersytet Gdański.

## 4.6. Pobieranie i charakterystyka osadów o nienaruszonej strukturze

(E. Szymczak, J. Pędziński)

### 4.6.1. Cel zajęć

Celem zajęć jest rozwijanie umiejętności makroskopowego opisu rdzenia osadów, poboru próbek osadów z rdzenia do laboratoryjnych analiz litologicznych, okrzemkowych (diatomologicznych), a także kształtowanie umiejętności pobierania rdzenia osadów w zakresie uzbrajania gilzy, montowania jej w tubie rdzenia, wyciągania gilzy z osadem z tuby rdzenia, umieszczania na ławie rdzeniowej, zasad opisu i podziału rdzenia.

**Słowa kluczowe:** rdzeń osadów, vibrosonda, opis makroskopowy, pobieranie próbek

### 4.6.2. Wykorzystywana aparatura/sprzęt

- vibrosonda modłu 3 m,
- gilza (rura PCV),
- chwytacz rdzenia (pomarańczka),
- szeroka taśma wodoszczelna/taśma silikonowa/taśma teflonowa,
- szeroka taśma naprawcza srebrna (silver tape),
- żyłka do cięcia rdzenia,
- piła ręczna do PCV,
- szlifierka obrotowa do rozcinania gilz,
- woreczki strunowe na próbki osadów,
- plastikowe probówki na próbki osadów,
- elastyczna folia,
- stojaki lub klocki do ułożenia gilzy,
- szpachelki,
- marker olejowy, markery, ołówki,
- odzież ochronna (kask, rękawice, okulary ochronne).

### 4.6.3. Lokalizacja poligonu badawczego

Rdzeń powinien zostać pobrany w obszarze o głębokości powyżej 40 m, gdzie spodziewane jest występowanie osadów mulistych, mulisto-ilastych.

### 4.6.4. Zakres pomiarów

Pobrany rdzeń o długości 3 m podzielony zostanie na odcinki o długości 1 m i opróbowany co 2 cm do badań sedymentologicznych i analiz diatomologicznych.



#### 4.6.5. Rekomendowane warunki pogodowe do prowadzenia badań

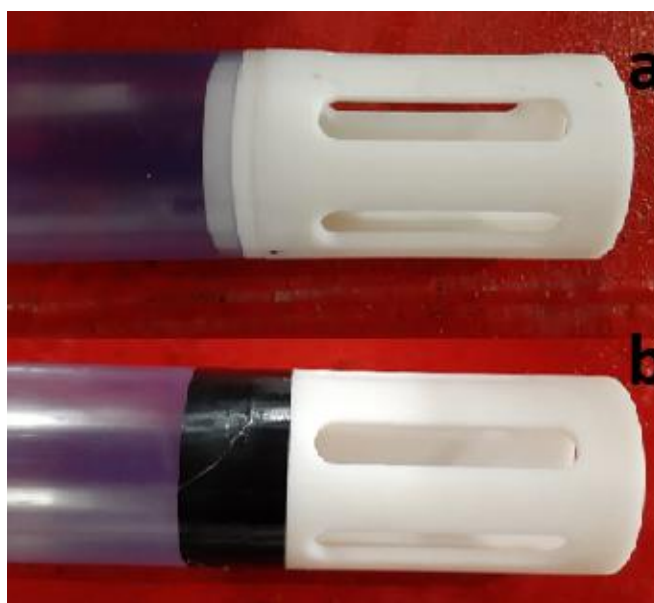
Stan morza pozwalający na bezpieczne wystawienie vibrosoły za burtę i wykonanie wiercenia.

#### 4.6.6. Przebieg zajęć

Przed zajęciami wymagane jest zapoznanie się z informacjami dotyczącymi wykorzystywanego w czasie zajęć sprzętu zawartymi w rozdziale 3. *Aparatura wykorzystywana do badań.*

#### Przygotowanie gilzy

Gilzę PCV o długości 3 m na jednym z końców należy uzbroić w zawór odprowadzania wody (Ryc. 4.6.1a). W sytuacji gdy brzeg gilzy nie jest równy – nie pozwala na dokładne dopasowanie zaworu, należy go przyciąć piłką ręczną do PCV. Po dokładnym dopasowaniu elementów należy je połączyć szeroką taśmą wodoszczelną ściśle owijając wokół (Ryc. 4.6.1b).



Ryc. 4.6.1. Montaż zaworu odprowadzającego w gilzie, (fot. archiwum ZGM)

Tak przygotowaną gilzę należy umieścić w tubie rdzenia dociskając do końca by sprawdzić czy gilza nie jest za długa względem tuby rdzenia. Jeżeli gilza jest za długa należy równo obciąć wystający element piłką ręczną do PCV. Tak przygotowaną końcówkę gilzy należy uzbroić w chwytacz rdzenia (Ryc. 4.6.2a), który należy połączyć z gilzą szeroką taśmą wodoszczelną ściśle owijając wokół (Ryc. 4.6.2b). Tak przygotowaną gilzę umieszczamy w tubie rdzenia. Następnie dokręcamy stopkę tnącą wykorzystując klucz (Ryc. 4.6.3).

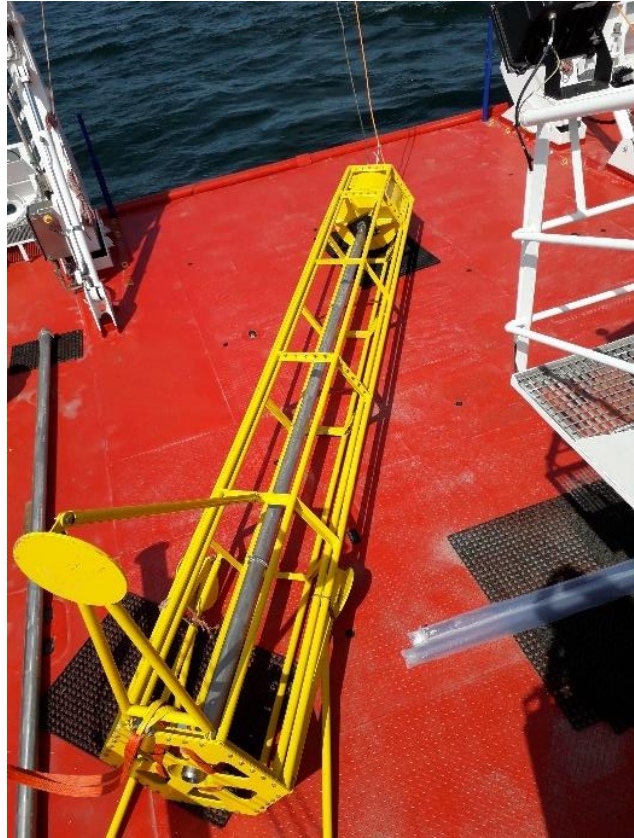
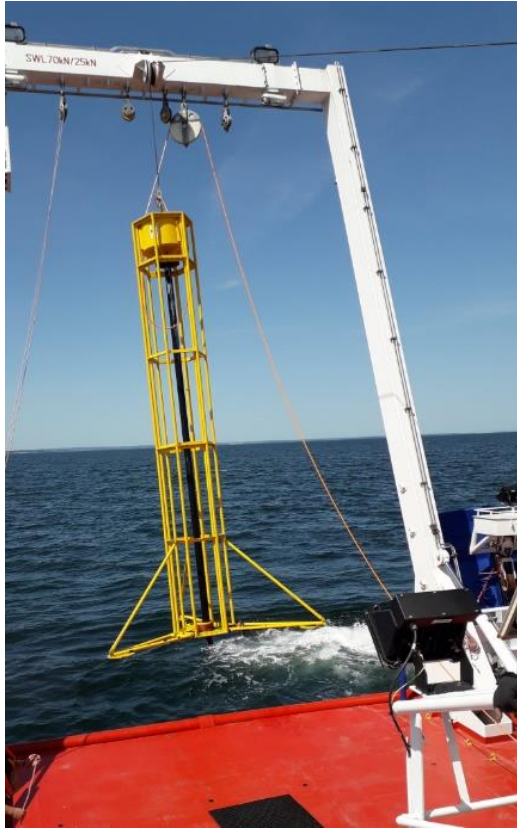


Ryc.4.6.2. Montaż chwytacza rdzenia w gilzie, (fot. archiwum ZGM)



Ryc.4.6.3. Montaż stopki tnącej, (fot. archiwum ZGM)

Uzbrajanie vibrosondy w tubę rdzenia oraz proces pobierania osadów aż do momentu położenia vibrosondy z rdzeniem na pokładzie prowadzone są przez załogę *r/v Oceanograf* (Ryc. 4.6.4). Studenci w tym czasie zobowiązani są przebywać poza częścią pokładu w której odbywają się manewry podnoszenia, wystawiania i kładzenia vibrosondy, a także z daleka od napiętej kabloliny. Pobór rdzenia trwa od 15 do 30 sekund.



Ryc. 4.6.4. Vibrosonda, (fot. archiwum ZGM)

### Opis i podział rdzenia

Po położeniu konstrukcji vibrosondy na pokładzie (Ryc. 4.6.4), odbezpieczeniu przez załogę tuby rdzenia można przystąpić do wyjęcia gilzy z osadem na pokład. Rdzeń należy ułożyć na stojakach (Ryc. 4.6.5), po usunięciu na obydwu końcach taśmy zabezpieczającej oraz zaworu i chwytacza rdzenia, końcówki gilzy należy zabezpieczyć przyklejając taśmą nakładki różnego koloru. Następnie po oczyszczeniu i wysuszeniu gilzy, należy markerem olejowym narysować linię orientacyjną wzdłuż całego rdzenia zaznaczając gdzie znajduje się jego strop i spąg. Zaznaczyć należy także miejsca podziału rdzenia na krótsze segmenty o długości 1 m (w sytuacji gdy gilza była przycinana, ostatni fragment może być krótszy). Gilzę tak przygotowanego rdzenia można przeciąć naokoło piłką do PCV na krótsze segmenty, sam osad należy przeciąć żyłką, a końcówki zabezpieczyć nakładkami.





Ryc. 4.6.5. Pomiar, opis gilzy z pobranym rdzeniem, (fot. archiwum ZGM)

### **Pobór próbek osadów z rdzenia**

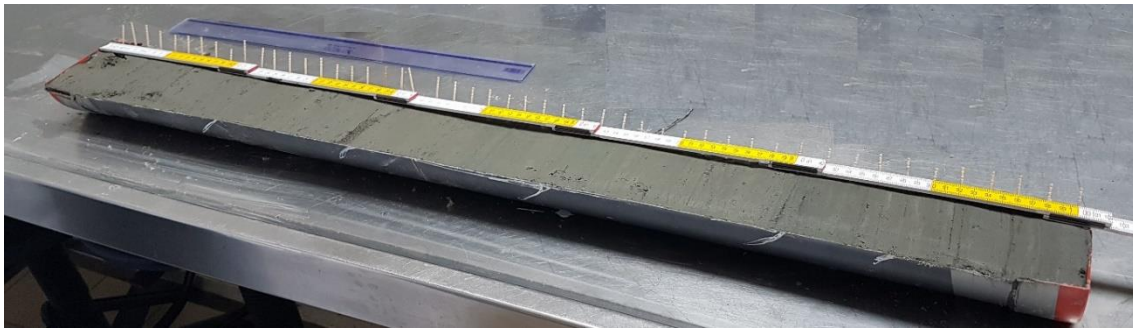
Segmenty rdzenia należy przenieść do laboratorium mokrego i ułożyć w ustalonej kolejności na stole laboratoryjnym (Ryc. 4.6.6). Następnie kolejno należy rozciąć gilzę wzdłuż rdzenia symetrycznie po obydwu stronach (Ryc. 4.6.7) i po oczyszczeniu fragmentów pleksi przeciąć osad wzdłuż linii cięcia żyłką. Tak przygotowany rdzeń należy rozłożyć na dwie części. Podzielny rdzeń należy oczyścić delikatnie zdejmując wierzchnią warstwę osadu szpachelką. Wskazane jest przygotowanie dokumentacji fotograficznej. Jedną część rdzenia należy opisać i zabezpieczyć elastyczną folią, a następnie w zależności od zaplanowanych badań umieścić w chłodni lub mroźni. Wzdłuż drugiej części rdzenia należy rozłożyć miarkę (Ryc. 4.6.8), a następnie opisać osady uwzględniając m.in. dominującą frakcję, typ osadu, jego barwę, cechy strukturalne związane z ułożeniem składników osadu ich wielkością i zmiennością, obecność szczątków organicznych. Wyniki należy zanotować w karcie opisu rdzenia.



Ryc. 4.6.6. Rdzeń podzielony na segmenty, (fot. archiwum ZGM)



Ryc. 4.6.7. Rozcinanie gilzy z osadem, (fot. archiwum ZGM)



Ryc. 4.6.8. Segment rdzenia przygotowany do pobierania próbek osadów (fot. archiwum ZGM)

Po przeprowadzeniu opisu makroskopowego należy przystąpić do pobrania próbek. Próbkę osadu do wykonania analiz litologicznych należy pobrać do wcześniej przygotowanych i opisanych, zgodnie z wskazaniem prowadzącego, woreczków strunowych. Próbkę osadu do analizy diatomologicznej pobiera się do woreczków strunowych lub plastikowych próbek, które wcześniej należy opisać według wskazań prowadzącego. Do wykonania preparatów mikroskopowych potrzebujemy niewielkiej ilości osadu, mniej więcej 1–2 cm<sup>3</sup>. Podczas poboru próbek z rdzenia trzeba zachować dużą precyzję i nie zanieczyścić osadu innym materiałem. Jeśli materiał badawczy stanowią osady mulisto-ilaste to próbki powinny się pobierać co 1–2 cm. W przypadku zmiennej litologii rdzenia warto jest pobrać próbki bezpośrednio pod i nad granicą wydzielenia litologicznego. Następnie osad trafia do laboratorium w celu dalszych prac. Jeżeli analizę okrzemkową przeprowadza się w późniejszym czasie osad umieszczamy w zamrażarce.

#### 4.6.7. Sprawozdanie

Rekomendowana forma opracowania wyników – poprawnie wypełniona karta opisu rdzenia.

### KARTA OPISU RDZENIA

Data poboru próby	Rejon badań	Lokalizacja		Głębokość dna [m]	Nazwa próby	Długość rdzenia [cm]	Segment rdzenia		
		φ	λ				długość [cm]		
Uwagi: (stan morza, nazwa próbnika)									
[cm]	dominująca frakcja	barwa	typ osadu	struktury sedymencyjne /bioturbacje	obecność domieszek (minerały, materia organiczna)	schematyczny rysunek (legenda)	ilość pobranych próbek/rodzaj analiz (L-analizy litologiczne, D-analizy okrzemkowe)	zapach	inne uwagi
0									
4									
8									
12									
16									
20									
24									
28									



32									
36									
40									
44									
48									
52									
56									
60									
64									
68									
72									
74									
78									
82									
86									
92									
96									
100									

imię i nazwisko osoby opisującej i pobierającej próbki			
legenda	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
inne oznaczenia wprowadzone w karcie opisu rdzenia			

## 4.7. Badania morfologii i budowy wglębnej dna akwenu echosondą wielowiązkową oraz sub-bottom profiler'em

(K. Trzcńska, D. Pałgan)

### 4.7.1. Cel zajęć

Celem zajęć jest przeprowadzenie pomiarów głębokości, charakterystyki akustycznej oraz uwarstwienia osadów dennych płytko pod powierzchnią dna na wybranym obszarze Zatoki Gdańskiej. Powyższy cel zostanie osiągnięty przy użyciu metod hydroakustycznych, tj. na podstawie danych zarejestrowanych przez echosondę wielowiązkową oraz sub-bottom profiler. Poza określeniem głębokości rozpoznana zostanie morfologia dna. Pomiary umożliwią również akustyczny opis cech podłoża (np.: względnych zmian twardości akustycznej) oraz układ warstw osadów dennych płytko pod powierzchnią dna (do kilkunastu metrów).

**Słowa kluczowe:** metody bezinwazyjne, echosonda wielowiązkowa, sub-bottom profiler

### 4.7.2. Wykorzystywana aparatura/sprzęt

- echosonda wielowiązkowa firmy Reson model 7125 SV2,
- komputery pokładowe na mostku *r/v Oceanografa*, oprogramowanie SeaBat, Dicovery, QINSy,
- sub-bottom profiler firmy EdgeTech model 3100-P,
- sonda sound velocity profiler (miniSVP Valeport).

### 4.7.3. Lokalizacja poligonu badawczego

#### Wariant 1

Ćwiczenie powinno zostać zrealizowane wzdłuż wyznaczonego transektu przez Zatokę Gdańską. Ze względu na zróżnicowanie powierzchni dna oraz typu występujących na nim osadów, rekomenduje się, aby taki profil został wyznaczony jako linia prosta pomiędzy Portem Gdynińskim, a portem w Helu. Głębokości na tym transekcie mieszczą się w zakresie od kilku metrów (okolice portów) do >40 m w centralnej części badanego obszaru. Na transekcie wyznaczyć można różne typy osadów dennych – od grubszych frakcji (piaski) do frakcji drobniejszych (mulisto-ilastych).

#### Wariant 2

Ćwiczenie powinno zostać zrealizowane wzdłuż wyznaczonego transektu przez Zatokę Gdańską. Ze względu na zróżnicowanie powierzchni dna oraz typu występujących na nim osadów, rekomenduje się, aby taki profil został wyznaczony jako linia prosta od Cypla Półwyspu Helskiego na wschód aż do południka 19°. Głębokości na tym obszarze mieszczą się w zakresie od kilku metrów (okolice Cypla Helskiego) do >70 m we wschodniej części transektu. W badanym obszarze wyznaczyć można różne typy osadów dennych – od grubszych frakcji (piaski) do frakcji drobniejszych (mulisto-ilastych).

#### 4.7.4. Zakres pomiarów

Głębokości Zatoki Gdańskiej zmieniają się przede wszystkim wraz z odległością od brzegu. W strefie brzegowej głębokości te są najniższe, natomiast w obszarze na wschód od Półwyspu Helskiego największe. Zaobserwowano również zmiany typów osadów dennych wraz z głębokością. Pomiary powinny być prowadzone od momentu wyjścia z portu Gdyńskiego do wejścia do portu w Helu (lub do południka 19° w przypadku Wariantu 2 obszaru badań) by zarejestrować najniższe głębokości i zmienność występowania różnego typu pokrycia osadami dna morskiego. Ponadto, w badanym obszarze występują rejony, gdzie z dna uwalniany jest gaz (głównie metan), co również może zostać zarejestrowane przez sub-bottom profiler. Podczas zajęć w badanym obszarze wybrany zostanie fragment, który ma być ujęty w sprawozdaniu. Fragment ten powinien obejmować występowanie różnych typów dna morskiego, co będzie widoczne w rejestracjach echosondy wielowiązkowej oraz sub-bottom profiler'a.

#### 4.7.5. Rekomendowane warunki pogodowe do prowadzenia badań

Badania należy przeprowadzać przy względnie niskim stanie morza (do 3° w skali Beauforta) ponieważ duże fale oraz powstałe w ich skutek przechyły statku zakłócają obraz rejestrowany przez sub-bottom profiler.

#### 4.7.6. Przebieg zajęć

Przed zajęciami wymagane jest zapoznanie się z informacjami dotyczącymi wykorzystywanego w czasie zajęć sprzętu zawartymi w rozdziale 3. *Aparatura wykorzystywana do badań.*

#### **Opis wykorzystania metod hydroakustycznych w badaniach wglębnych dna morskiego**

Przed przystąpieniem do prowadzenia pomiarów z wykorzystaniem echosondy wielowiązkowej oraz sub-bottom profiler'a należy zapoznać się z podstawowymi zagadnieniami związanymi z prowadzeniem badań wykorzystujących metody hydroakustyczne w badaniach powierzchni oraz struktur wglębnych dna morskiego. W tym celu omówione zostaną podstawowe pojęcia z zakresu hydroakustyki. Do zrozumienia działania stosowanych urządzeń pomiarowych i przebiegu badań, niezbędna jest wiedza teoretyczna o czynnikach fizyko-chemicznych oddziałujących na sposób propagowania fali akustycznej w wodzie morskiej oraz jej interakcji z dnem morskim. Ponadto, omówione zostaną procesy odbicia i zmiany kierunku fali akustycznej w kontakcie z granicami ośrodków o różnej impedancji akustycznej.

#### **Omówienie zasad funkcjonowania echosondy wielowiązkowej oraz sub-bottom profiler'a**

Zaprezentowanie urządzeń pomiarowych i krótki opis sposobu ich funkcjonowania. Przedstawione zostaną również podstawowe parametry techniczne tych urządzeń.

## Przygotowanie, uruchomienie i ustawienie parametrów pracy sub-bottom profiler'a

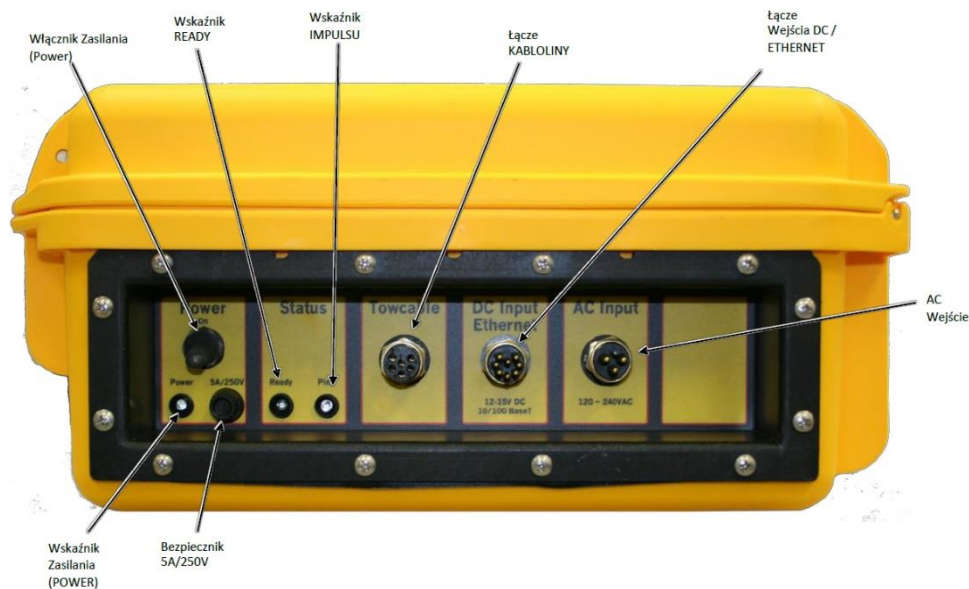
W tej części zajęć zostaną przeprowadzone następujące czynności:

- przygotowanie sub-bottom profiler'a na pokładzie statku,
- inspekcja stanu technicznego urządzenia i ewentualnych uszkodzeń,
- podłączenie sub-bottom profiler'a kabloliną do przenośnej jednostki górnej (Ryc. 4.7.1),
- zaczepienie sub-bottom profiler'a na żurawiku okrętowym oraz zabezpieczenie łączy elektrycznych i kabli,
- połączenie jednostki górnej sub-bottom profiler'a z komputerem oraz zasilaniem,
- wystawienie sub-bottom profiler'a za burtę statku (Ryc. 4.7.2) i zanurzenie pod powierzchnię wody,
- upewnienie się, że jednostka górna została ustawiona w miejscu zabezpieczonym przed uszkodzeniem mechanicznym oraz zmiennymi warunkami atmosferycznymi,
- na koniec należy włączyć jednostkę górną sub-bottom profiler'a.

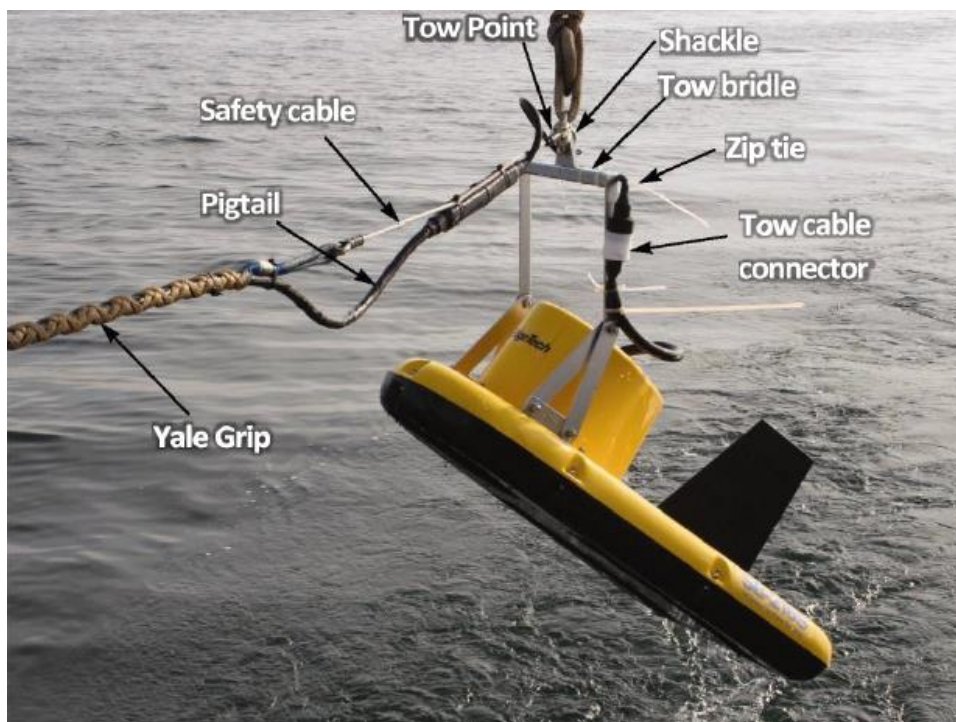
### UWAGA: Nie należy otwierać obudowy jednostki górnej

Nie należy włączać jednostki górnej przed wstawieniem urządzenia holowanego pod powierzchnię wody.

Zasilanie jednostki górnej należy podłączyć na końcu, tuż przed wystawieniem urządzenia za burtę, aby uniknąć niebezpieczeństwa porażenia prądem.



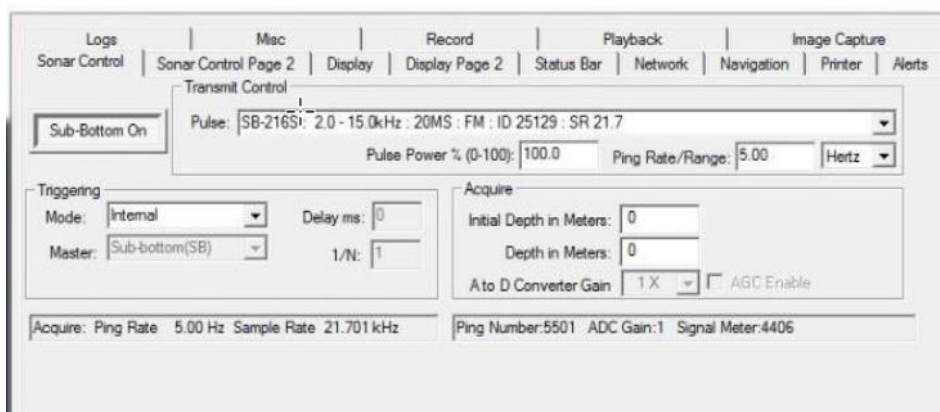
Ryc. 4.7.1. Układ gniazd w przenośnej jednostce górnej sub-bottom profiler'a 3100-P, (User Hardware Manual 3100-Manual-0004802\_Rev\_D)



Ryc. 4.7.2 Schemat zamontowania urządzenia holowanego na linii stalowej i kablolinie oraz zabezpieczenia kabli i łącz podczas pomiarów, (User Hardware Manual 3100-Manual-0004802\_Rev\_D)

Po uruchomienie oprogramowania Discover do obsługi sub-bottom profiler'a należy wykonać następujące kroki:

- z menu sonaru wybierać opcję **Sonar on**, wtedy przetwornik urządzenia holowanego powinien rozpocząć transmisję danych, które będą się przewijać w głównym oknie programu Discover
- ustawić parametry zapisywania plików podczas akwizycji danych oraz ścieżki docelowej projektu
- wybrać moc nadawanego impulsu, częstotliwość, wzmacnienie i inne niezbędne parametry (Ryc. 4.7.3)



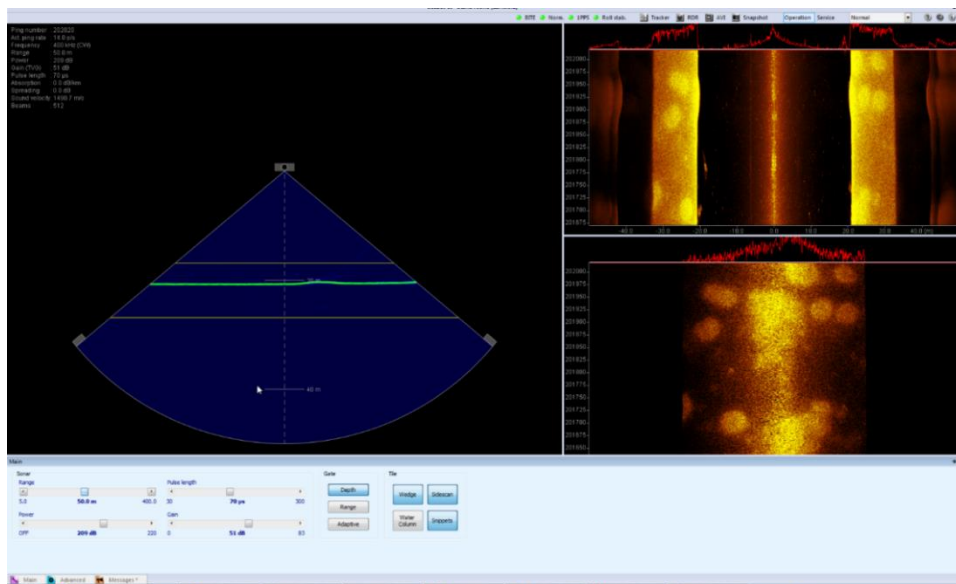
Ryc. 4.7.3. Okno dialogowe Opcji, zakładka Sonar Control, program Discover, (materiały własne Zakładu Geofizyki)



## Uruchomienie i ustawienie parametrów pracy echosondy wielowiązkowej

Kolejnym zaprezentowanym urządzeniem pomiarowym będzie echosonda wielowiązkowa. Należy wykonać następujące kroki:

- wysunąć przetwornik hydroakustycznych echosondy wielowiązkowej z kadłuba statku,
- włączyć oprogramowania Qinsy oraz SeaBat,
- przygotować transekty przez Zatokę Gdańską, na których planowana jest rejestracja danych,
- ustawić parametry rejestracji echosondy wielowiązkowej (tzn. zapis danych, moc sygnału, zasięg kątowy rejestracji danych, prawdopodobny zasięgu głębokości dla rejestrowanych danych, wzmocnienie oraz długości impulsu),
- wczytanie profilu prędkości dźwięku, np.: z sondy miniSVP,
- włączenie widoku natężenia sygnału rozproszonego wstecz od dna morskiego (opcje sidescan i snippets) (Ryc. 4.7.4).



Ryc. 4.7.4. Widok głównego okna programu SeaBat oraz okna dialogowego ustawień Main, (materiały własne Zakładu Geofizyki)

## Wykonanie pomiaru i rejestracja echogramu

Podczas zajęć na badanym obszarze wybrany zostanie fragment, który ma być ujęty w sprawozdaniu. Fragment ten powinien obejmować występowanie różnych typów dna morskiego, co będzie widoczne w rejestracjach echosondy wielowiązkowej oraz sub-bottom profiler'a.

## Analiza echogramów rejestrowanych podczas badań

Analizowane będą zmiany głębokości, morfologii dna, twardości akustycznej osadów powierzchniowych, uwarstwienia podłoża i/lub obiektów zagrzebanych w osadzie, obecność pęcherzyków gazowych w osadzie oraz toni wodnej, a także zarejestrowane artefakty. W celu wykonania sprawozdania z ćwiczenia, zaleca się wykonywanie zapisów z monitora (Print Screen) podczas wykonywania pomiarów (Ryc. 4.7.4).

#### 4.7.7. Sprawozdanie

Podstawą zaliczenia jest wykonanie sprawozdania zawierającego:

- krótki opis celu badawczego, użytej metody (np.: typ urządzenia, oprogramowanie, opis zastosowanych w oprogramowaniu parametrów),
- obrazy dna morskiego zarejestrowane przez sub-bottom profiler oraz echosondę wielowiązkową,
- opis morfologii i uwarstwienia dna w badanym obszarze (zaobserwowane zmiany głębokości, cechy szczególne),
- podstawowe cechy akustyczne osadów dennych (wstępne rozpoznanie typów osadów po stopniu rozpraszania fali akustycznej i wiedzy o badanym obszarze),
- opis zarejestrowanych podczas ćwiczeń artefaktów,
- sprawozdanie powinno zawierać mapę lokalizacyjną, informację o dacie wykonania pomiarów i listę osób prowadzących pomiary.

#### 4.7.8. Literatura

EdgeTech, 2014. *3100-P Portable Sub-Bottom User Hardware Manual*. EdgeTech, 4 Little Brook Road, West Wareham, MA 02576.

Jaśniewicz, D., Klusek, Z., Brodecka-Goluch, A. oraz Bolałek, J., 2019. Acoustic investigations of shallow gas in the southern Baltic Sea (Polish Exclusive Economic Zone): a review, *Geo-Marine Letters*, 39, 1-17

Lurton, X., (red.), 2002. *An introduction to underwater acoustics: Principles and applications*. Londyn: Springer.

Reson, 2006. *SeaBat 7125 Operator's Manual*. Version 3.0. Reason Inc. 100 Lopez Road, Goleta, California, 93117.

## **4.8. Kompleksowe wykorzystanie urządzeń hydroakustycznych wraz z oprogramowaniem w badaniach identyfikacji podwodnych obiektów**

(J. Idczak)

### **4.8.1. Cel zajęć**

Zapoznanie z budową, przeznaczeniem i zasadą działania urządzeń hydroakustycznych wykorzystywanych m.in. w badaniach i poszukiwaniach obiektów spoczywających na dnie morza, przy zachowaniu wysokich standardów jakościowych gromadzonych danych oraz przy wykorzystaniu oprogramowania QINSy.

**Słowa kluczowe:** echosonda wielowiązkowa, sonar boczny, system podwodnej nawigacji, urządzenia hydroakustyczne, system globalnego pozycjonowania, pomiary morskie, QINSy

### **4.8.2. Wykorzystywana aparatura/sprzęt**

- echosonda wielowiązkowa (MBES) – SeaBat 7125, Teledyne Reson,
- sonar boczny (SSS) - 4200 Multi Pulse, EdgeTech,
- system podwodnej nawigacji (USBL) - EASYTRAK Nexus, Applied Acoustics,
- sonda SVP do pomiaru prędkości dźwięku w kolumnie wody - miniSVP, Valeport,
- sonda SVP do pomiaru prędkości dźwięku na głębokości przetwornika MBES – SVP 70, Reson,
- system pozycjonowania GPS, Trimble SPS 855,
- kompensator przechyłów (MRU), Octans,
- komputery ze specjalistycznym oprogramowaniem.

### **4.8.3. Lokalizacja poligonu badawczego**

Wskazane jest, aby transekty pomiarowe zaplanować nad podwodnym obiektem. Propozycja przeprowadzenia badań nad wrakiem Stuttgart (54°33'33,7" N, 18°37'1,9" E, głębokość około 20 m) lub „Desantowiec” (54°35'14,1" N, 18°46'10,7" E, głębokość około 55 m).

### **4.8.4. Zakres pomiarów**

Planowane pomiary nad obiektem wzdłuż 2 transektów o długości około 500 m.

### **4.8.5. Rekomendowane warunki pogodowe do prowadzenia badań**

Pomiary powinny być prowadzone przy stanie morza nie większym niż 3.

#### 4.8.6. Przebieg zajęć

Przed zajęciami wymagane jest zapoznanie się z informacjami dotyczącymi wykorzystywanego w czasie zajęć sprzętu zawartymi w rozdziale 3. *Aparatura / sprzęt wykorzystywany do badań*.

W trakcie przemieszczania się jednostki w rejon badań i z powrotem do portu:

1. Zapoznanie z metodą działania urządzeń hydroakustycznych ze szczególnym omówieniem elementów składowych systemów pomiarowych MBES i SSS – oprowadzenie po statku.
2. Zaznajomienie studentów z podstawowymi zasadami konfigurowania systemu pomiarowego w oprogramowaniu QINSy i jego funkcjami wykorzystywanymi w trakcie prowadzenia badań z urządzeniami MBES i SSS.
3. Utworzenie w QINSy symulatora MBES – na komputerach przy pulpicie badawczym – zadanie wykonują studenci z pomocą osoby prowadzącej zajęcia.
4. Importowanie planów prac tworzonych w ramach ćwiczeń z przedmiotu „*Instrumenty i pomiary oceanograficzne*” – na komputerach przy pulpicie badawczym – zadanie wykonują studenci z pomocą osoby prowadzącej zajęcia.
5. Omówienie prawidłowego przygotowania sprzętu do badań. Sprzęt do pomiarów zostanie wcześniej przygotowany przez osobę prowadzącą zajęcia – na pokładzie, w laboratorium mokrym.

W rejonie badań:

1. Pomiar prędkości dźwięku w kolumnie wody z wykorzystaniem sondy SVP lub CTD – na pokładzie, w laboratorium mokrym – zadanie wykonują studenci.
2. Zaimplementowanie profili prędkości dźwięku do systemów akwizycji danych echosondy wielowiązkowej i nawigacji podwodnej – na komputerach przy pulpicie badawczym – zadanie wykonują studenci.
3. Zbiór danych za pomocą echosondy wielowiązkowej i sonaru bocznego – na komputerach przy pulpicie badawczym.

#### 4.8.7. Sprawozdanie

Przygotowanie raportu z badań (na podstawie zgromadzonych danych w postaci plików *.txt* i obrazów sonarowych) zawierającego:

1. informacje na temat wykorzystanego w badaniach sprzętu pomiarowego i w jaki sposób zaplanowano badania z wykorzystaniem tej aparatury,
2. opracowaną mapę batymetryczną w oprogramowaniu GIS-owym,
3. podstawową interpretację zarejestrowanego obrazu sonarowego, wg wzoru (Tabela 4.8.1).

Tabela 4.8.1. Charakterystyka badanego obiektu

Data i godzina badań	Nazwa/Typ obiektu	Pozycja geograficzna	Parametry obiektu	Cechy szczególne
			Wysokość nad dnem = ... [m] Głębokość nad obiektem = ... [m] Długość obiektu = ... [m] Szerokość obiektu = ... [m]	

#### 4.8.8. Literatura

- Trimble, 2012. *Trimble SPS855 GNSS Modular Receiver, Specification*, Trimble Navigation Limited.
- Lekkerkerk, H. J., Van der Velden, R., Roders, J., Haycock, T., De Vries, R., Jansen, P., Beemster, C., 2006. *Handbook of Offshore Surveying*, Clarkson Research Services, London.
- Mazel Ch., 1985. *Side Scan Sonar Record Interpretation*, Klein Associates Inc.
- Teledyne Reson, 2013. SeaBat 7125 SV2 / ROV2., *High-Resolution Multibeam Sonar System, Operator's manual*, P/N 86000179, Version 3.
- Podręcznik Normalizacji Obronnej, PDNO-06-A072, 2009. *Hydrografia morska. Organizacja i zasady prowadzenia badań*, Ministerstwo Obrony Narodowej.
- Edge Tech, 2014. 0004842\_REV\_I, *4200 Side Scan Sonar system, User hardware manual*, EdgeTech.
- Stepnowski, A., 2001. *Systemy akustycznego monitoringu środowiska morskiego*, Gdańskie Wydawnictwo Naukowe, Gdańsk.
- Valeport, 2013. *Datasheet Reference: miniSVP*, version 2c, Valeport Ltd.
- Applied Acoustic, 2013. EZT-2690-8000/9, 2013. *Easytrak Nexus Seria 2690, Instrukcja obsługi*, Applied Acoustic Engineering Ltd.

Strony internetowe:

QPS: <http://www.qps.nl>

MRU: <https://www.yumpu.com/en/document/view/19634629/ixsea-octans-mkiv>

r/v Oceanograf: <http://arch.ocean.ug.edu.pl/pages/wersja-polska/archiwum/galeria-budowy-statku/Oceanograf.php>

SSS: <http://www.igp.de/vermessung-hydrographie/edgetech/sidescan/sidescan-sonar-systems-4200>

SVP70: <http://www.ekoton.com.tr/files/SVP70.pdf>

## 5. Słownik pojęć

### C

**Chirp** – sygnał emitowany przez urządzenia hydroakustyczne, o modulowanej częstotliwości, tzw. sygnał świergotowy.

### G

**GPS** – Globalny System Pozycjonowania (*ang. Global Positioning System*)

**GPS RTK** – GPS czasu rzeczywistego (*ang. Global Positioning System – Real Time Kinematic*)

**Gyro** – żyrokompas, wskazujący kurs jednostki

### M

**MBES** – echosonda wielowiązkowa (*ang. Multi Beam EchoSounder*)

**MRU** – kompensator przechyłów i przyspieszeń (*ang. Motion Reference Unit*)

### S

**SBES** – echosonda jednowiązkowa (*ang. Single Beam EchoSounder*)

**SSS** – sonar boczny (*ang. Side Scan Sonar*)

**SVP** – sonda mierząca prędkość dźwięku w kolumnie wody (*ang. Sound Velocity Profiler*)

**SVS** – sonda mierząca prędkość dźwięku w wodzie (*ang. Soudn Velocity Sensor*)

### T

**Transekt** – zaplanowana linia, po której ma przepływać statek podczas wykonywania rejestracji danych.

### U

**USBL** – system podwodnej nawigacji wykorzystujący metodę krótkiej bazy (*ang. Ultra Short BaseLine*)



