

Rozmieszczenie, toksyczność i wpływ na środowisko oraz inne kwestie związane z zatopioną w morzu bronią chemiczną

*dr Wadim PAKA, Instytut Oceanologii im. Szirszowa, Oddział Atlantycki
Kaliningrad, Rosja, paka@ioran.baltnet.ru*

1. Wprowadzenie

Zatapianie bojowych środków chemicznych w Morzu Bałtyckim po II wojnie światowej

Po II wojnie światowej na terytorium Niemiec przechwycono około 300.000 ton broni chemicznej (ang. *chemical weapons* - CW). Największa część tej broni została wrzucona do Morza Bałtyckiego i cieśniny Skagerrak na polecenie brytyjskiej, radzieckiej i amerykańskiej Administracji Wojskowej w Niemczech. Przynajmniej 170.000 ton CW zatopiono w cieśninie Skagerrak, głównie w rowie norweskim i w południowo-wschodniej części Skagerraku. W przypadku większości akcji zatapiania w cieśninie Skagerrak zatapiano całe statki wraz z ładunkiem [HELCOM 1994, 1996].

Na Morzu Bałtyckim zatopiono co najmniej 50.000 ton CW. Zgłoszone miejsca zatopień na tym obszarze znajdują się w pobliżu wyspy Bornholm (32.000 t), w Małym Belcie (5.000 t) oraz w Basenie Gotlandii (2.000 t); świadkowie donosili ponadto o dodatkowej ilości CW, zatopionej w pobliżu wyspy Bornholm – 23.000 t, jednak informacje te nie zostały zweryfikowane. W większości przypadków środki bojowe wyrzucano przez burtę, czy to luzem (bomby, pociski) czy to w pojemnikach, ale zatopiono też niektóre statki [HELCOM 1996]. Wiele wskazuje na to, że część środków bojowych została wyrzucona za burtę podczas transportu do bałtyckich miejsc zatopień; ile ton wyrzucono w ten sposób – nie wiadomo [Andrulewicz 1996, Schultz-Ohlberg 2001].

Na początku lat 90. XX wieku grupy ekspertów w Danii, Rosji, Szwecji, Niemczech i innych państwach przygotowały na temat amunicji chemicznej zatopionej na Morzu Bałtyckim kilka raportów krajowych [HELCOM 1993a-i]. Przez Komisję Helsińską (HELCOM), która zajmuje się ochroną środowiska morskiego obszaru Bałtyku, utworzona została doraźna grupa robocza. Wszystkie te działania miały na celu zebranie informacji na temat lokalizacji, ilości i rodzajów amunicji chemicznej, zatopionej w Morzu Bałtyckim, oraz ocenę sytuacji i sformułowanie zaleceń odnośnie dalszych działań [HELCOM 1993c, Theobald & Rühl 1994, Theobald 2001].

Duża część badań polowych koncentrowała się na odszukiwaniu i inwentaryzacji obszarów zatopień oraz badanie (ang. *screening*) osadów z dna morskiego i próbek wody. W wielu przypadkach miejsca pomiaru były w mniejszym lub większym stopniu wybierane losowo, a badanie przeprowadzano często pod kątem tylko jednego, czasami dwóch, bojowych środków chemicznych, pomijając tym samym fakt obecności innych substancji toksycznych. Z drugiej strony badania laboratoryjne zwracały głównie uwagę na stabilność toksycznych środków bojowych. Ekosystem morski nie jest jednak porównywalny ze środowiskiem laboratoryjnym i niewiele jeszcze wiadomo o dynamicznym zachowaniu zanieczyszczeń w rzeczywistych warunkach morskich, ich wpływie na środowisko i ewentualnej bioakumulacji w faunie i florze.

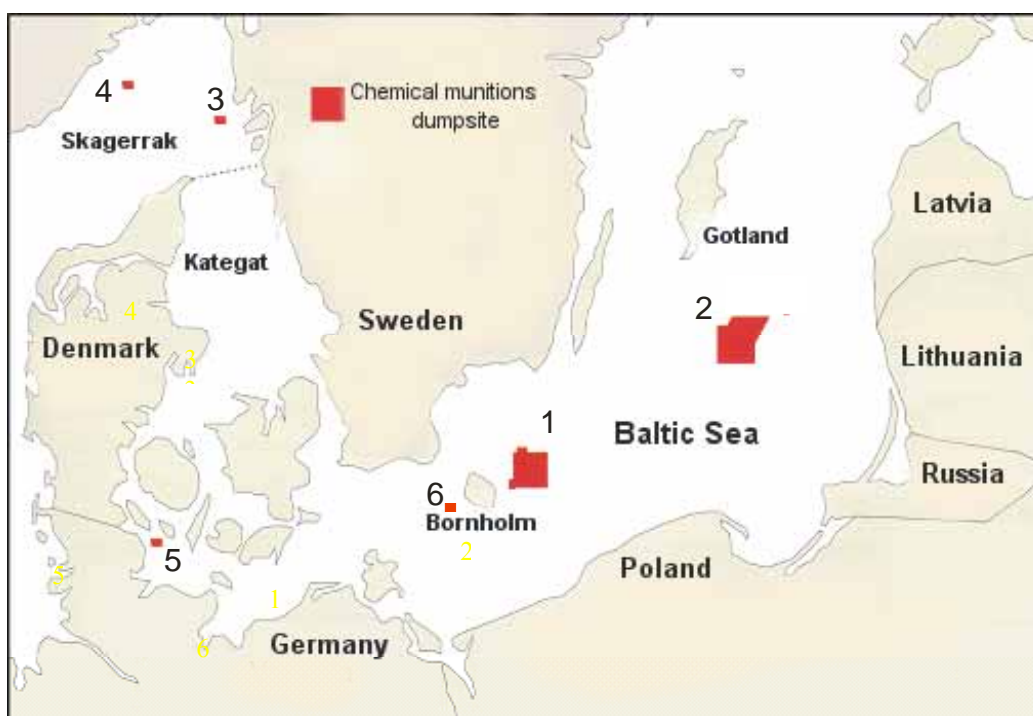
Jednak w ciągu ostatnich lat różne kraje przeprowadzają coraz więcej badań szczegółowych, w tym badań ekotoksyczności, prowadzą też szczegółowy monitoring geofizyczny i hydrodynamiczny. Mimo to informacje dostępne na temat różnych miejsc zatopienia amunicji aż do dziś pozostają bardzo rozproszone i niepełne. W naszym rozumieniu tych miejsc zatopienia pozostają nadal duże luki, a wiarygodność oceny jest często niewystarczająca. Według Theobalda (2001), główne zalecenia odnośnie dalszych badań to: (1) badanie znanych lub przypuszczalnych obszarów zatapiania przy użyciu stosownych dla poszczególnych krajów technik, (2) badanie stanu amunicji, (3) badania chemiczne i biologiczne na obszarach zatapiania, (4) badania nad ekotoksykologią środków bojowych, których proces rozkładu jest powolny oraz (5) badania nad sposobem rozkładu środków bojowych.

Planowana budowa północnoeuropejskiego rurociągu gazowego (projekt North Stream) na Morzu Bałtyckim zwiększyła zainteresowanie społeczeństwa wyrzuconą do morza bronią chemiczną: czy nowy projekt zwiększy zagrożenia dla środowiska morskiego, a przez to ludności krajów nadbałtyckich, czy też sytuacja nie zmieni się w sposób wystarczający?

W niniejszej prezentacji, której podstawą jest stanowisko projektu badawczo-rozwojowego FP6 "Modelowanie zagrożeń ekologicznych, związanych z zatopioną w morzu bronią chemiczną" (INCO-CT2005-013408 MERCW), streszczone zostaną dostępne dane wstępne, a także dane uzyskane ostatnio, z myślą o zwiększeniu świadomości społecznej; jest to ważne, gdyż zmniejszy niepewność i wątpliwości co do stanu morskich miejsc składowania, przyczyni się do uniknięcia nadmiernych reakcji (mogących mieć wpływ na sytuację społeczno-gospodarczą) oraz wywoła reakcję polityczną.

2. Miejsca zatapiania na Morzu Bałtyckim

Na rys. 1 pokazano wszystkie znane (1-5) i niezwyfikowane (6) miejsca zatapiania przechwyconej CW. Miejsce zatapiania 5, zawierające 5.000 t tabunu oraz bomb i pocisków fosgenowych, jest już czyste po przeprowadzonej przez Niemcy skutecznej akcji usuwania. Miejsca zatapiania 3 i 4 znajdują się w dużej odległości od obszaru projektu North Stream. Realność miejsca zatapiania 6 jest wątpliwa, gdyż mogły tam być tylko statki załadowane CW, łatwe do znalezienia w płytkim morzu. Aktualne dla naszych celów są miejsca zatapiania 1 i 2. Tabele 1 i 2 przedstawiają rodzaje i ilości amunicji i środków bojowych, występujących na tych dwóch obszarach. Poza zgłoszonymi 32.000 t CW, zatopionymi na wschód od Bornholmu pod nadzorem radzieckim, niektórzy świadkowie donosili o dodatkowych 8.000 t CW, zatopionych tu przez nadzór brytyjski, i odpowiednio małej ilości pozostałej CW, zatopionej przez NRD. Deklarowane granice tego miejsca zatapiania pokazano na rys. 1 obok skalowanego wielokąta (1).



Rys. 1. Lokalizacja miejsca zatapiania amunicji chemicznej na Morzu Bałtyckim i w cieśninie Skagerrak.

- | | |
|-----------------------------------|------------------------------------|
| (1) miejsce zatapiania E Bornholm | (4) miejsce zatapiania Arendal |
| (2) miejsce zatapiania Gotlandia | (5) miejsce zatapiania Mały Belt |
| (3) miejsce zatapiania Måseskär | (6) miejsce zatapiania SW Bornholm |
| | (niezwyfikowane) |

Mniejsza zawartość CW w miejscu zatapiania koło Gotlandii była rozproszona na o wiele większym obszarze, jego granice pokazano też na rysunku 1 obok skalowanego wielokąta (2).

Tabela 1. Ilości amunicji chemicznej (ang. chemical munitions – CM) oraz rodzaje i ilości chemicznych środków bojowych (ang. warfare agents - WA), [t], wyrzuconych w miejscu zatapiania koło Bornholmu [HELCOM. 1996b]

WA→ ↓CM	Iperyt	Zawier. As (ang. As- cont.)	Adamsyt	CAP	Inne	Razem
Bomby lotnicze	5.920	906	591	479	-	7.896
Pociski artyleryjskie	671	-	61	36	-	768
Bomby burzące	314	-	-	-	-	314
Miny	42	-	-	-	-	42
Obudowy	80	203	693	-	74	1.050
Granaty dymne	-	-	65	-	-	65
Pojemniki	-	924	-	-	-	924
Beczki	-	-	18	-	-	18
Razem	7.027	2.033	1.428	515	74	11.077

Tabela 2. Ilości amunicji chemicznej (ang. chemical munitions – CM) oraz rodzaje i ilości chemicznych środków bojowych (ang. warfare agents - WA), wyrzuconych w miejscu zatapiania koło Gotlandii [HELCOM. 1996b]

WA→ ↓CM	Iperyt	Zawier. As (ang. As- cont.)	Adamsyt	CAP	Inne	Razem
Bomby lotnicze	512	78	51	41	-	682
Pociski artyleryjskie	58	-	5	3	-	66
Bomby burzące	27	-	-	-	-	27
Miny	4	-	-	-	-	4
Obudowy	7	18	60	-	6	91
Granaty dymne	-	-	6	-	-	6
Pojemniki	-	80	-	-	-	80
Beczki	-	-	2	-	-	2
Razem	608	176	124	44	6	958

3. Właściwości środków bojowych

Niezbędne stosowne informacje przedstawiono w Załączniku. Analiza dokonana została przez dr Tine Missiaen, będącą uczestnikiem projektu MERCW, przedstawicielkę Renard Centre of Marine Geology Uniwersytetu w Gandawie w Belgii.

Aktualne wnioski wyciągnięte z właściwości CM i WA

3.1. Według Tabel 1,2, cienkościenne pojemniki (bomb *itd.*) użyte były do zamknięcia 80% wszystkich rodzajów WA, a więc po 60 latach przebywania w wodzie morskiej powinno się rozpocząć uwalnianie WA ze skorodowanej amunicji, jak również powinno rozpocząć się niszczenie WA wskutek hydrolizy. WA charakteryzujące się szybkim tempem hydrolizy - Tabun, Fosgen, Luizyt, Clark II – powinny ulec pełnemu zniszczeniu i jedynie resztki zawierające arsen stanowią pewne zagrożenie dla środowiska. WA o niskim tempie hydrolizy także miały kontakty z wodą morską – konsekwencje tych wydarzeń w skali basenu powinny być głównym zadaniem badań obecnych i przyszłych.

3.2. Naruszenia mechaniczne WA o niskim tempie hydrolizy – zarówno uwolnionych, jak znajdujących się w osłonach – nie prowadzą do znaczącego ostrego wpływu na środowisko, gdyż promień oddziaływania toksycznego takich WA jest dostatecznie mały [MEDEA, 1997]; mając gęstość wyższą od gęstości wody morskiej, ponownie zawieszone substancje toksyczne osiadą i wtopią się w muł. Najniebezpieczniejsze mogą być bezpośrednie kontakty ludzi z CM i bryłami, zawierającymi aktywne substancje toksyczne, ale to może nastąpić tylko wtedy, jeśli amunicja zostanie wydobyta.

3.3. Zagrożenia związane z działaniem mutagennym i rakotwórczym zwiększają się proporcjonalnie do nasilania się kontaktu WA z siedliskami morskimi. Aby oszacować występujące zagrożenie należy wziąć pod uwagę, że miejsca zatapiania znajdują się w wielkiej odległości od trasy rurociągu, więc prawdopodobieństwo przecięcia przezeń dużych ilości WA jest małe. W każdym razie należy unikać wszelkich kontaktów z CW. Aby zminimalizować zagrożenia, projektanci muszą przyswoić obecną wiedzę o rozmieszczeniu CW w Morzu Bałtyckim i posiadać niezbędny sprzęt do wyszukiwania potencjalnie niebezpiecznych obiektów, zlokalizowanych na dnie lub pod jego powierzchnią.

W następnym punkcie opisano główne wyniki badań bałtyckich miejsc zatapiania i wyływające z nich wnioski.

4. Badania miejsc zatapiania w Basenie Bornholmu

W ostatnich latach przeprowadzono szereg różnych badań na obszarze terenu zatopień na wschód od Bornholmu.

4.1. Niemieckie badania hydrograficzne(1987)

W roku 1987 Niemiecki Instytut Hydrograficzny badał wodę morską na obszarze terenu zatopień na wschód od Bornholmu, włącznie z wodą w pobliżu dna. Wyniki pokazały, że zawartość arsenu nie przekracza 1 µg/l (0,001 ppm). Stężenia środków CW na obszarze zatopień nie były wyższe niż gdzie indziej [Helcom 1993c].

4.2. Duńskie badania obejmujące pobieranie próbek osadów (1992)

W roku 1992 władze duńskie przeprowadziły na wschód od Bornholmu pobór próbek osadów i dokonały nagrań wideo. Pobrano dwie blisko siebie położone próbki ze środka obszaru zatopień. W jednej próbce znaleziono iperyt, a w obu próbkach – produkt uboczny, 1,4-ditian. Dodatkowo zaobserwowano podwyższone stężenia arsenu (Helcom 1993e). Próbki były następnie analizowane pod kątem arsenu, przy czym stwierdzono jego zwiększoną zawartość (185 i 210 mg/kg) w porównaniu z próbkami pobranymi z innych części Morza Bałtyckiego. W próbkach osadów nie znaleziono żadnych innych śladów chemicznych środków bojowych ani związków chemicznych, związanych z takimi środkami [Helcom 1993e].

4.3. Niemieckie badania obejmujące pobieranie próbek osadów (1992)

W roku 1992 władze niemieckie zebrały 18 próbek osadów w 6 różnych miejscach, z których 5 znajdowało się w obszarze zatopień koło Bornholmu. Próbki osadów poddano analizie w Norddeutscher Rundfunk. W jednej próbce stwierdzono stężenie 10 ppm; w pozostałych próbkach nic nie znaleziono. Nie zaobserwowano żadnych podwyższonych stężeń arsenu [Helcom 1993c].

4.4. Rosyjskie badania geofizyczne/hydrograficzne/sedymentologiczne (1997-2006)

W latach 1997-2006 przeprowadzono szereg rejsów kontrolnych na obszarze zatopień na wschód od Bornholmu w ramach Rosyjskiego Programu Federalnego „Ocean Światowy”. Do użytych instrumentów należały przede wszystkim urządzenia do pobierania próbek wody i osadów, sonar boczny przeszukiwania (ang. *sidescan sonar*), magnetometr, [sonar] wielowiązkowy (ang. *multibeam*),

młynki hydrometryczne (ang. *current meters*), przepływomierz profilujący (ang. *current profiler*) oraz sonda *microstructure probe*; dodatkowo wykorzystywano zdalnie sterowane roboty podwodne (ROV) do badania zatopionych statków [Paka & Spridonov 2001, Paka 2004]. Analiza chemiczna koncentrowała się głównie na arsenie, fosforze i najważniejszych produktach hydrolizy, zdolnych do zmiany chemii wody morskiej.

Dane dotyczące arsenu

Poziomy arsenu, mierzone na składowisku koło Bornholmu, charakteryzują się wysokim rozproszeniem i ostrymi anomaliami, osiągając do 300 mg/kg; minimalne i typowe poziomy tła wynoszą dla arsenu odpowiednio 18 i 25 mg/kg [Paka & Spridonov, 2001]. Wartości te różnią się od wartości prezentowanych w innych raportach [Helcom 1993c; Helcom 1994]. Eksperci proponowali poprzednio jako typowe tło dla zawartości As w Bałtyku wartość 100 mg/kg [Emelyanov 1998]. Uwzględnić należy fakt, że istnieją naturalne mechanizmy akumulacji As z jego jednolitej dystrybucji tła, wynikające z procesów typowych dla stref barierowych redox lub sorpcyjnych (ang. *redox or sorption barrier zones*) (Emelyanov 1998). Są jednak powody, aby sądzić, że najwyższe obserwowane zawartości As związane są ze źródłem zlokalizowanym, zwłaszcza jeśli towarzyszą temu niskie wartości Fe i Mn. Próbkę zawierające duże ilości Fe i Mn także wykazują jednak oznaki odstępstwa od wzorca typowego dla akumulacji naturalnej [Paka & Spridonov 2001, Paka 2004].

Rysunki 2 i 3 przedstawiają obecne wyniki badań dystrybucji As w Morzu Bałtyckim i Skagerraku. Porównanie maksymalnej zawartości As w miejscach zatapiania CW i rejonach o innych procesach sedimentacyjnych prowadzi do wniosku, że zanieczyszczenie miejsc zatapiania arsenem jest przeszacowane: jest ono znacznie poniżej niektórych naturalnych maksimów.

Wartości pH

Tylko dane terenowe z roku 1997 wskazywały na anomalia wartości pH, powiązane prawdopodobnie z zatopioną CW [Emelyanov et al. 2000]. Na miejscu zatapiania w pobliżu Bornholmu, w dwóch punktach pobierania próbek, wykryto ponadto nienormalnie niskie wartości pH (6,36 – 6,78) [Paka & Spridonov 2001].

Dane dotyczące fosforu

W paru punktach pobierania próbek w obrębie miejsca zatapiania koło Bornholmu stężenia fosforu całkowitego (P_{tot}) i fosforu organicznego (P_{org}) w wodzie w pobliżu dna były 2 do 5 razy wyższe niż wartości tła. Maksymalne mierzone stężenia fosforu przekraczały 10 $\mu\text{g-at/l}$, podczas gdy próg wykrywalności wynosił 0,1 $\mu\text{g-at/l}$. Naturalny wzrost stężenia P_{tot} wraz z głębokością jest generalnie związany z utlenianiem organicznej materii zawieszanej. Natlenienie to przenosi fosfor do formy rozpuszczonej, przy czym stężenie P_{org} ostro obniża się poprzez opadanie z warstwy fotosyntezy w dół na dno, a fosfor nieorganiczny (P_{in}), jako końcowy produkt utleniania, występuje w większej ilości i w końcu dominuje. A więc zwiększenie [stężenia] P ponad P_{in} w wodzie w pobliżu dna można by wytłumaczyć obecnością dodatkowego źródła P_{org} (np. gazów zawierających fosfor) [Paka & Spridonov 2001, Paka 2004].

Dane mikrobiologiczne

Próbki górnych osadów oraz wody przydennej i „porowatej” [ang. „*porous water*”] poddane zostały badaniom mikrobiologicznym pod kątem obecności organizmów, znoszących występowanie iperytu i jego produktów rozkładu, jak również pod kątem organizmów zdolnych do niszczenia iperytu i produktów jego hydrolizy.

Przeszukiwanie wraków statków

W latach 1999-2000 przeprowadzono badania metodami gradiometrii magnetycznej (ang. *magnetic gradiometry surveys*) przy użyciu gradiometru protonowego (ang. *proton gradiometer*). Zaobserwowano dwie anomalie magnetyczne, których źródła znajdowały się na głębokości 90-100 m, co wskazuje na obiekty na dnie morza lub przysypane przez osady. W roku 2001 wypożyczony statek badawczy RV „Doktor Lubecki” potwierdził przy pomocy echosondy wielowiązkowej (ang. *multibeam echosounder*) i sterowanego robota podwodnego ROV, że anomalie te były związane z dwoma wrakami statków, a ponadto odkrył jeszcze jeden wrak: na pokładach znaleziono pocisk artyleryjski i bombę. Analizy chemiczne nie wskazały na żadne zwiększenie stężenia As w osadach w

pobliżu tych wraków, ale podobne „uspokajające” wyniki wynikały z badań zatopionych statków, załadowanych CW w miejscu zatapiania w pobliżu Arendal [Tørnes, et al. 2002.]

4.5. Badania przeprowadzone w ostatnim okresie

W roku 2006 miały miejsce dwa rejsy na obszarze zatapiania w okolicy wyspy Bornholm:

1) rejs RV Professor Stokman zorganizowany został przez Instytut Oceanologii im. Szerszowa we współpracy z rosyjskim EMERCOM na przełomie maja i czerwca 2006 r. (rys. 4); jego zadaniem była kontynuacja monitoringu „hot spots” – „gorących punktów” w obrębie miejsca zatapiania koło Bornholmu, a także szukanie wraków statków w bornholmskiej części planowanej trasy North Stream. Oprócz 3 wraków odkrytych wcześniej, został odkryty wrak 4. na w obszarze „gorącego punktu”, a dwa dodatkowe wraki (jeden z nich to statek, a drugi to łódka) – znaleziono w rejonie North Stream w odległości 30 mil morskich od miejsca zatapiania koło Bornholmu.

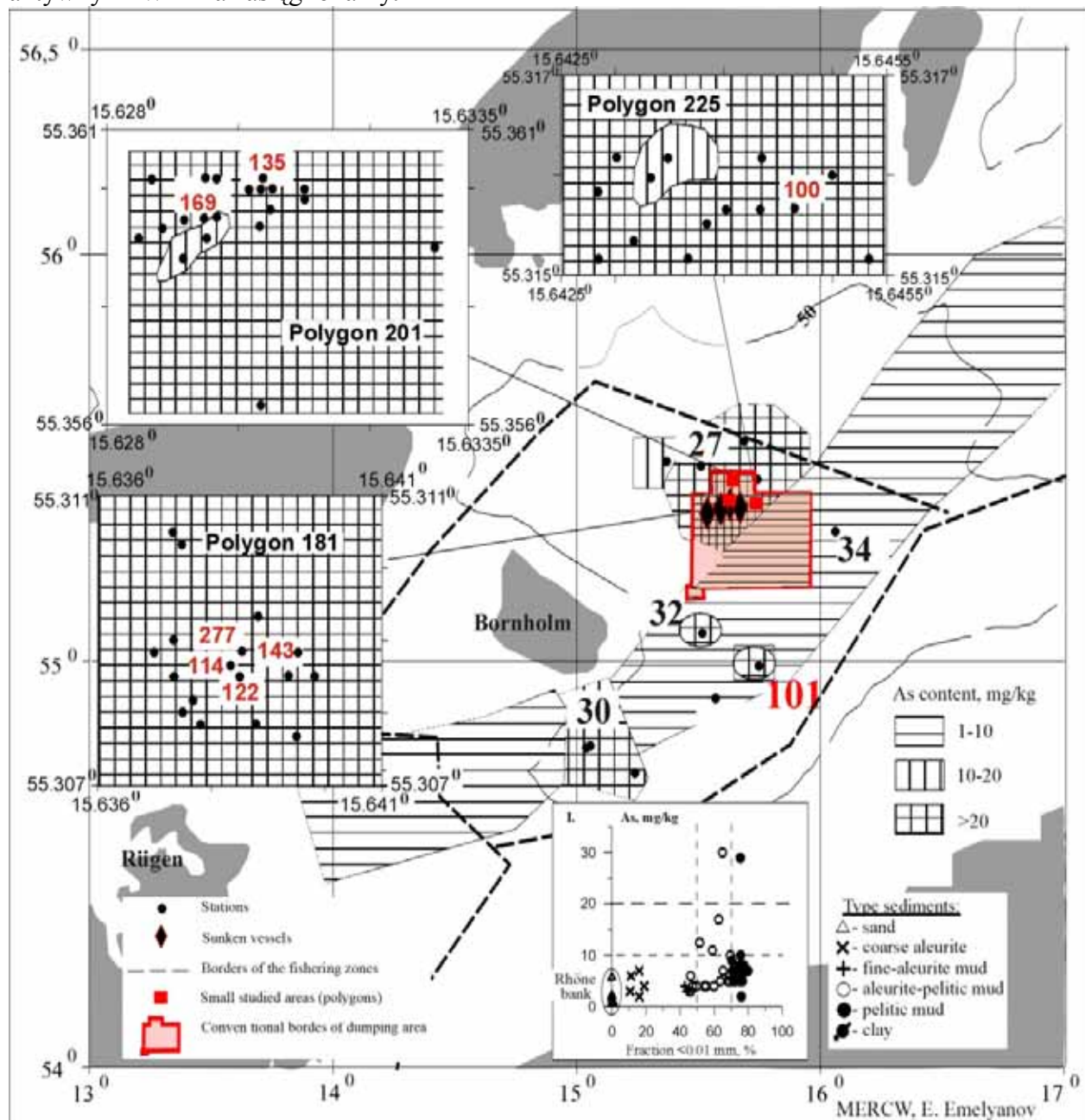


Rysunek 2. Badania As w osadach (mg/kg).

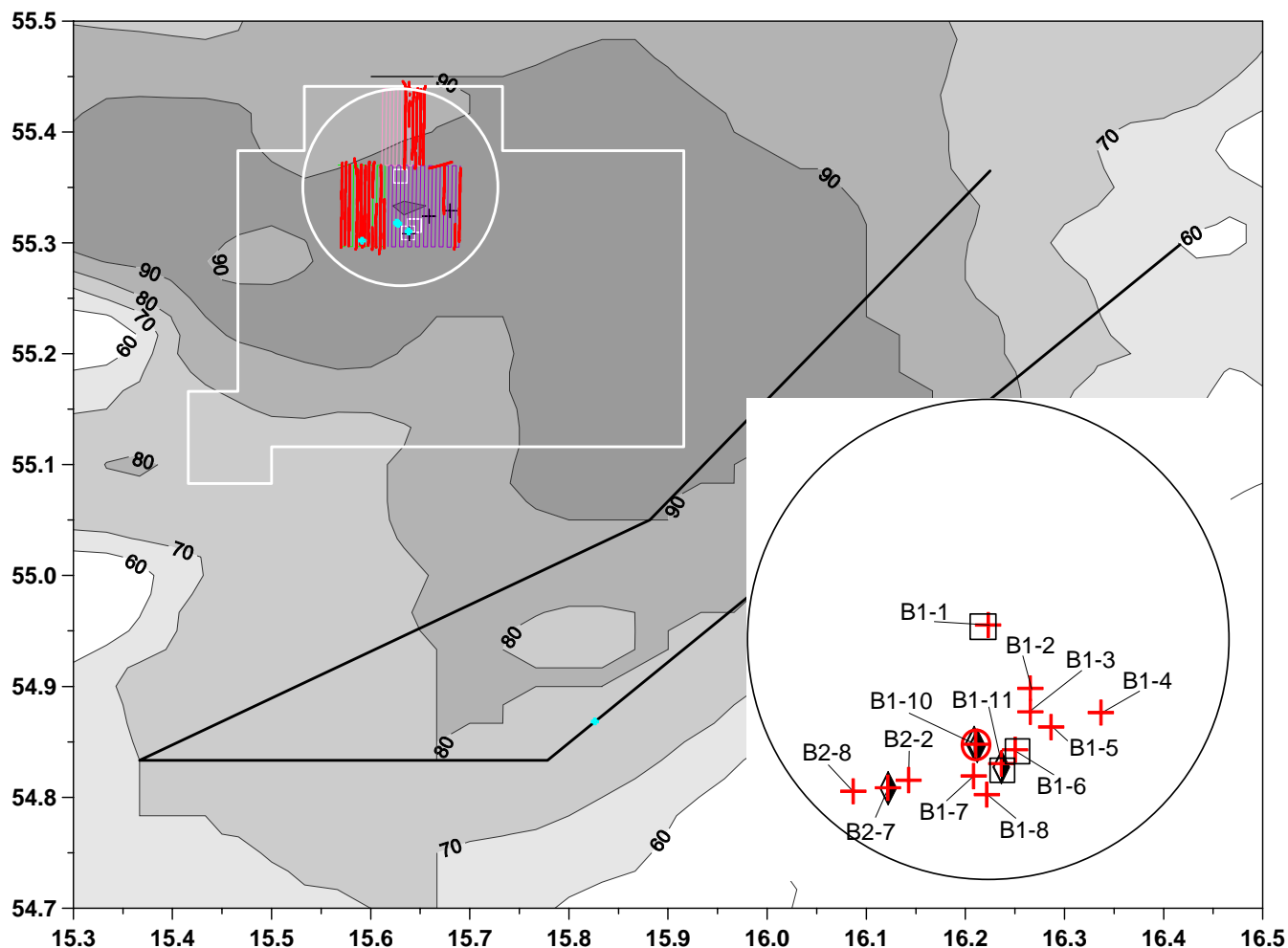
Liczby w kolorze czarnym – typowa zawartość tła, liczby czerwone – rozrzut (ang. *scatter*) w miejscach zatopienia. [Garnaga and Stankevičius, 2005]

Bryła chloracetofenonu (CAP) pobrana została przez urządzenie do chwytania przedmiotów znajdujących się na dnie (ang. *bottom grabber*) na obszarze „gorącego punktu”. Toksyčną próbkę błyskawicznie umieszczono w kapsule w celu dokładnego zbadania w warunkach stacjonarnych. Inne

próbki, pobrane w 19 punktach, nie zmieniły obecnego wyobrażenia o skażeniu miejsca zatapiania: stężenie tła dla *As* pozostaje odrobinę zwiększone w porównaniu z podobnymi obszarami odniesienia, ale jest na tym samym lub nawet niższym poziomie w porównaniu z regionami o innych warunkach geologicznych, gdzie *As* mógł być dostarczony i absorbowany w drodze mechanizmów naturalnych, na przykład w regionach bogatych w siarczki żelazawe oraz korki (ang. *corks*) i konkretje Fe-Mn. Próbkę, pobraną w pobliżu odnalezionego *chloracetofenonu* nie wykazywały żadnych cech wyróżniających; potwierdza to wniosek, że obszar zanieczyszczony znajdujący się w pobliżu brył z aktywnymi WA ma zasięg lokalny.

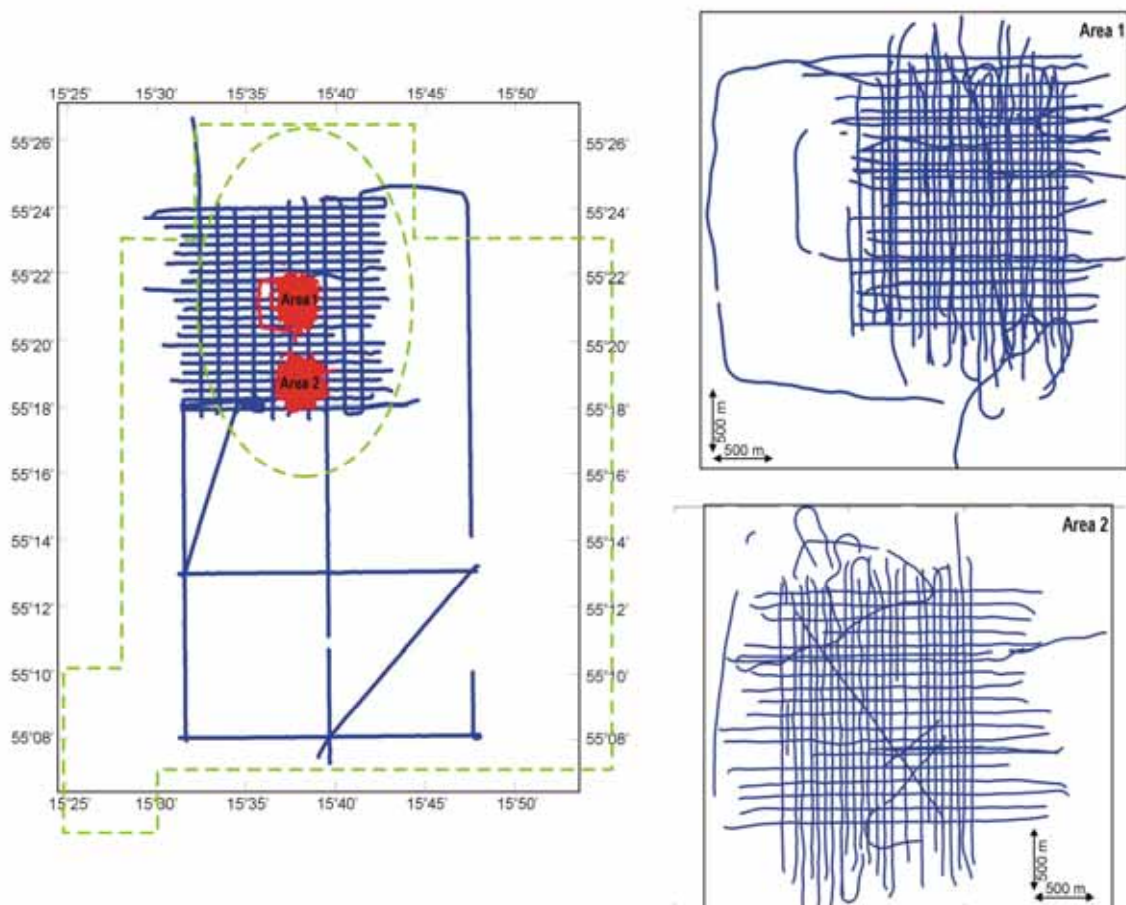


Rys. 3 Rozmieszczenie *As* w powierzchniowych (0-5 cm) osadach dennych Basenu Bornholmu. Duże czerwone liczby: maksymalna zawartość *As* na danym obszarze. Wielokąty 181, 201 i 225 to rejony gęstego pobierania próbek w ramach sieci (ang. *dense grid sampling*). Romby oznaczają wraki. Wykres pokazuje zawartość *As* w różnych rodzajach osadów w porównaniu z frakcją pelitową [drobnoziarnistą] (<0,01 mm), próbek z *As* >100 mg/kg nie pokazano.

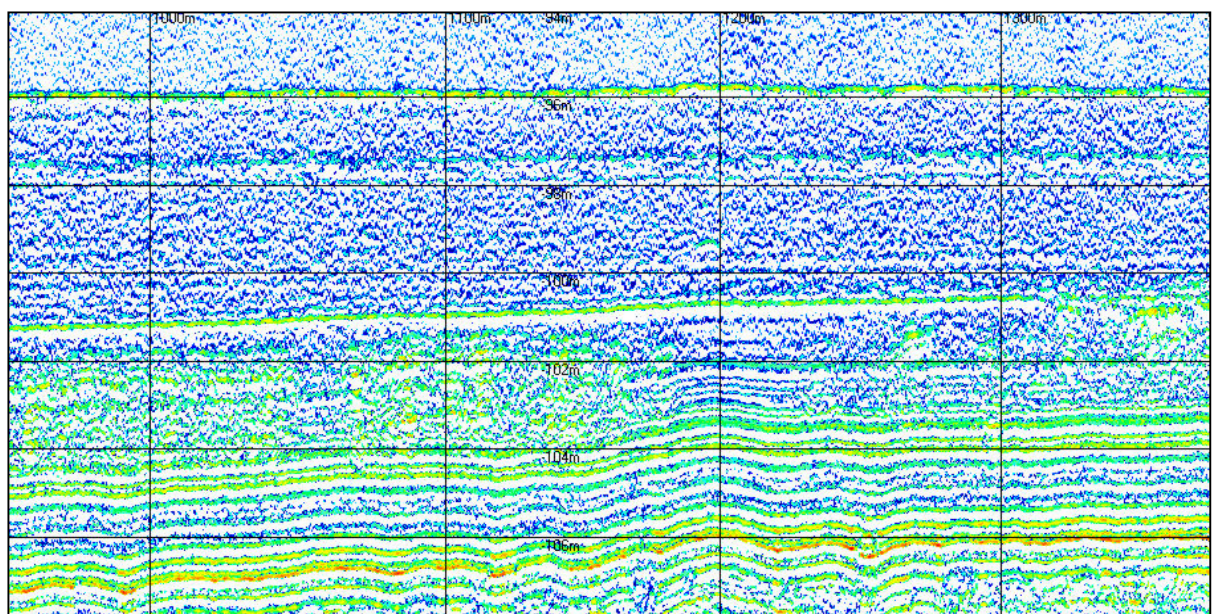
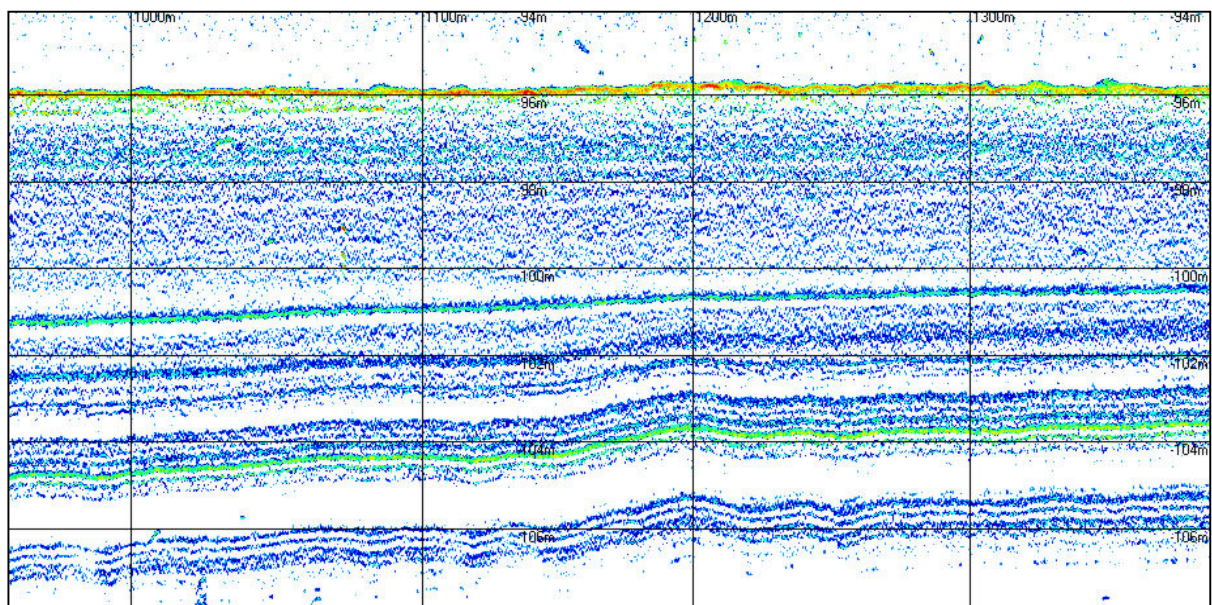


Rysunek 4. Obszar badawczy rejsu „Shtokman” w maju-czerwcu 2006 r. Linie siatki odpowiadają badaniom przy pomocy przeszukiwania bocznego (ang. *side-scan*) i dźwiękowego badania prądów w pobliżu dna przepływomierzem profilującym (ang. *acoustical nearbottom current profiler surveying*), koło ukazane w powiększeniu pokazuje odpowiednią pozycję wraków statków (romby), „gorących punktów” (kwadraty) oraz punktów poboru próbek, którym towarzyszą wysokiej rozdzielczości pomiary hydrograficzne (krzyżyki). *Chloracetofenon* znaleziono w punkcie B1-1.

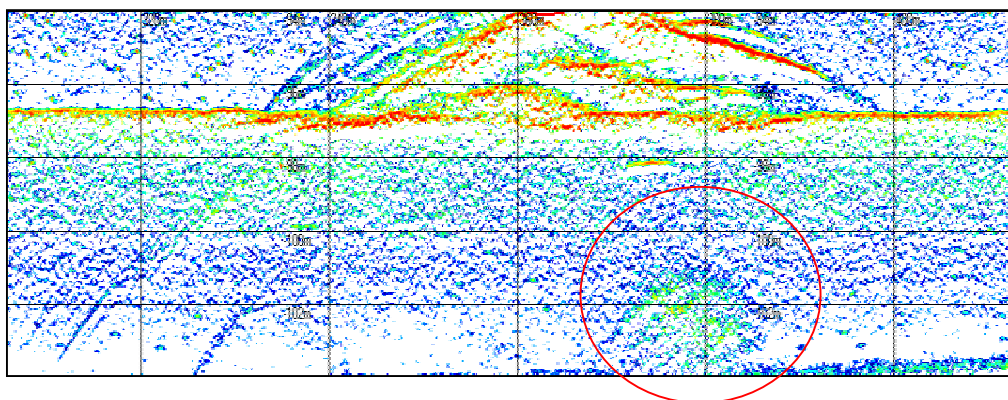
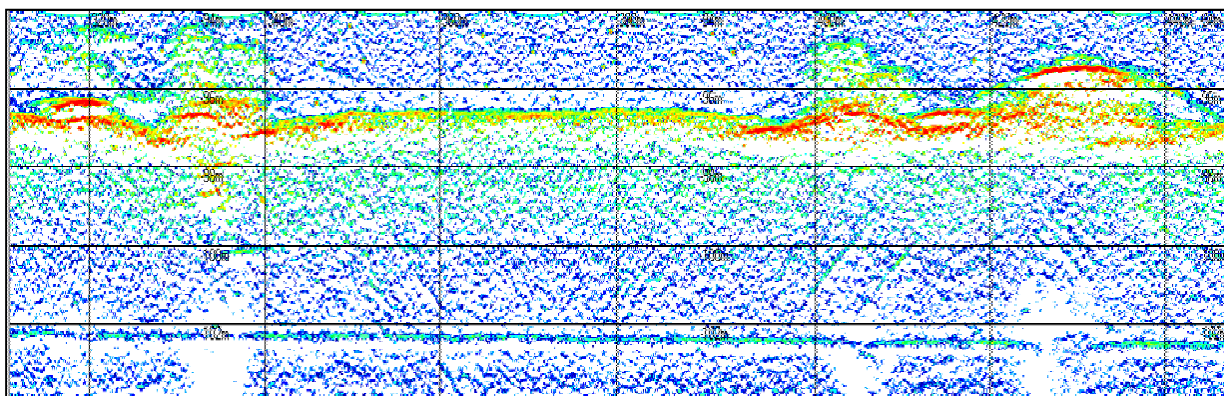
2) Rejs RV Shelf (rys. 5) zorganizowany został przez Instytut Oceanologii im. Szerszowa na obszarze „gorącego punktu”, w ramach projektu MERCW, skupiającego się na tworzeniu badań sejsmicznych osadów dennych, w których znajduje się rozproszona CW, oraz poszukiwaniu zakopanej CW i nowych wraków statków jako obiektów potencjalnie niebezpiecznych. Wyniki profilowania sejsmicznego wysokiej rozdzielczości przekonują o realności perspektywy znalezienia zakopanych korpusów [kadłubów], liczących sobie metry długości. Rysunki 6, 7 przedstawiają pewne typowe profile sejsmiczne. Jest już rzeczą jasną, że jeśli siatka badawcza będzie wystarczająco gęsta, zakopane korpusy [kadłuby] zostaną znalezione. Zadanie to zostało odłożone do następnego rejsu, który powinien być prowadzony przy pomocy odpowiednich instrumentów magnetycznych i sejsmicznych.



Rys. 5. Obszar [Rejon] badawczy rejsu “Shelf” w lipcu 2006 r. Wielokąt, narysowany zieloną linią przerywaną, odpowiada wielokątowi, narysowanemu linią białą na rysunku 4. Przedstawiono trzy sieci sejsmiczne, zapisane w Basenie Bornholmu. Niebieska: duża (ang. *large-scale*) sieć 2D. Czerwony: małe (*small-scale*) sieci pseudo 3D. Z prawej: Zbliżenia dwóch małych (*small-scale*) sieci pseudo 3D (Obszar 1 i Obszar 2).



Rysunek 6. Typowe parametryczne profile echosondy (Obszar 1). Na górze: sygnał wysokiej częstotliwości (100 kHz). Na dole: sygnał niskiej częstotliwości (10 kHz). Należy zwrócić uwagę na głęboką penetrację danych wysokiej częstotliwości. Odstęp warstw (ang. *vertical interval*) 2m. Odstęp poziomy (ang. *horizontal spacing*) 100 m.



Rysunek 7. Tablica górna: profil echosondy wysokiej częstotliwości w całym wraku 1 (z lewej strony) i wraku 2 (z prawej). Należy zauważyć, że oba wraki składają się z kilku części. Odstęp warstw 2m. Odstęp poziomy 20 m. Tablica na dole: Profil echosondy wysokiej częstotliwości w całym wraku 3. Należy zwrócić uwagę na zakopaną masę 5 m poniżej powierzchni dna. Odstęp warstw 2m. Odstęp poziomy 20 m.

5. Badanie miejsca zatapiania w Basenie Gotlandzkim

Jedynym potwierdzeniem obecności zatopionej CW w miejscu zatopień koło Gotlandii były środki bojowe, złapane przez włoki do połowu ryb [HELCOM 1993f]. Badania ekologiczne wykryły bardzo słabe przejawy prawdopodobnych produktów zniszczenia [Garnaga and Stankevičius, 2005] i zmian dotyczących drobnoustrojów (ang. *microbial changes*) [Paka and Spridonov, 2001].

6. Zagrożenia i incydenty [HELCOM. 1996b]

6.1 W oparciu o obecną wiedzę można wykluczyć rozległe ryzyko dla środowiska morskiego, którego przyczyną są rozpuszczone środki bojowe. W osadzie znajdującym się w bezpośredniej bliskości zatopionej amunicji mogą jednak wystąpić podwyższone poziomy w umiarkowanym stopniu rozpuszczalnego Clarku, Adamsytu lub zagęszczonego („lepkiego”) iperytu. Jednak z uwagi na bardzo ograniczony zakres tych środków bojowych, według aktualnych informacji nie stwarzają one zagrożenia dla morskiej flory i fauny. Nie zaobserwowano dotąd żadnych szkodliwych oddziaływań na środowisko ekologiczne, których źródłem są środki bojowe. Zgodnie z dotychczasową wiedzą, w rybach konsumpcyjnych ani innych rodzajach owoców morza nie stwierdzono żadnej zawartości iperytu ani innych chemicznych środków bojowych. W świetle obecnej wiedzy, chemiczne środki bojowe nie stanowią problemu w kategoriach toksykologii żywności.

6.2 Dostępne dane ekotoksykologiczne odnośnie większości chemicznych środków bojowych są niewystarczające. Należy przeprowadzić dalsze badania, zwracając szczególną uwagę na iperyt, chlorowane dodatki i związki arsenu.

6.3 Rozprzestrzenianie zatopionych chemicznych materiałów bojowych spowodowane jest w pewnym stopniu przez ponowne wrzucanie przez rybaków chemicznego sprzętu bojowego, złapanego w sieci rybackie, być może daleko od miejsca, w którym go pierwotnie zatopiono.

6.4 Na mapach morskich obszary zatapiania określane są jako „brudne” przy pomocy [napisu] „zarzucanie kotwicy i łowienie ryb niezalecane”. Jako że jednak łowienie ryb na tych obszarach nie jest zakazane, może pojawiać się rybołówstwo komercyjne.

6.5 Jest ogólnie przyjęte, że w związku z tym, iż Dania wypłaca swym rybakom odszkodowania o ile zniszczą skażone połowy, istniejące duńskie statystyki dotyczące zgłaszanych znalezisk środków bojowych są dość wiarygodne. Rybacy z innych krajów, graniczących z Obszarem Konwencji Helsińskiej (Helsinki Convention Area) nie są zobowiązani powiadamiać władz o takich znaleziskach. Dlatego też na temat znalezisk środków bojowych, dokonywanych przez rybaków z innych krajów istnieją tylko dane niepełne. Informacje dostarczane są przez Niemcy, Łotwę, Litwę, Polskę i Szwecję. Dane Danii: liczba „połowów” od roku 1985 do 1992: 342; masa CW, kg: 17.072; ilość CW rozładowanej na lądzie, kg: 1.917.

Niemcy doniosły o 13 incydentach, w których doszło do obrażeń załogi, wszystkie incydenty wydarzyły się na wschód od Bornholmu.

Szwecja doniosła o 4 incydentach z iperytem z rejonu Bornholmu i 4 incydentach na południowy wschód od Gotlandii od roku 1980.

Łotwa i Litwa donosiły o kontaktach rybaków od lat 50. do lat 70. XX w., a w niektórych przypadkach późniejszych (1986), w obrębie obszaru zatapiania na południowy wschód od Gotlandii.

W polskiej wyłącznej strefie ekonomicznej było 16 zidentyfikowanych znalezisk przestarzałej amunicji i broni. Amunicja chemiczna pojawiła się na trasie do obszaru zatapiania, znajdującego się na południowy wschód od Gotlandii, z której korzystały statki.

Uwagi do stanowisk i wniosków HELCOM

- 1) Wszystkie zgłoszone incydenty miały miejsce w zadeklarowanych miejscach zatapiania lub w ich pobliżu. Rybołówstwo jednak nie ogranicza się do tych obszarów. A więc prawdopodobieństwo obecności CW z tych obszarów jest niskie.
- 2) Włóki rybackie powodują trwałe zaburzenia nad warstwą górnego osadu. Ekolodzy protestują przeciwko temu barbarzyńskiemu wpływowi na organizmy żywe dna morskiego, lecz bez skutku, nawet w przypadku miejsc zatapiania. Inwestycje hydrotechniczne (budowa kabli i rurociągów) działają w sumie o wiele krócej i powodują zaburzenia na o wiele mniejszych obszarach niż rybołówstwo. Inwestycje hydrotechniczne łatwo jest poddać nadzorowi krajowemu i międzynarodowemu, włącznie z realizacją specjalnych środków bezpieczeństwa, związanych z zatopioną w morzu CW. Nikt nie donosił, że zrealizowane wcześniej inwestycje [Andrulewicz et al., 2003] spowodowały znaczne zagrożenie dla ekosystemu i zdrowia ludzi. Nie istnieją więc obiektywne argumenty przeciwko realizacji inwestycji hydrotechnicznych, których znaczenie ekonomiczne jest porównywalne z rolą rybołówstwa morskiego.
- 3) Inwestycje hydrotechniczne oraz wszelka inna działalność gospodarcza nie poprawiają stanu ekosystemu morskiego. Niemniej jednak działalność taka zapewnia pieniądze na badania, które są niezbędne dla zrozumienia wszystkich problemów ekologicznych i wykonania niezbędnych działań dla zmniejszenia zagrożeń ekologicznych w odpowiedniej kolejności.

Bibliografia

- Andrulewicz, E. 1996. War gases and ammunition in the Polish Economic Zone of the Baltic Sea. In: A.V. Kaffka (ed), *Sea-Dumped Chemical Weapons: Aspects, Problems and Solutions*. NATO ASI Series, 7, 9-15.
- Andrulewicz, E., D.Napierska, and Z. Otremba, 2003. The environmental effects of the installation and functioning of the submarine *SwePol Link* HVDC transmission line: a case study of the Polish Marine Area of the Baltic Sea. *Jour.Sea Res.*, **49** (4), 337-346.
- Emelyanov, E.M., Kravtsov, V.A., and Paka, V.T. 2000. Danger to life of areas of dumped trophy chemical munitions in the Skagerrak Sea and in the Bornholm Basin, Baltic Sea. *Proceedings of the 16th Int. Conf. on Case Method Research and Case Method Application*, 58-64.
- Emelyanov, E.M., and Kravtsov, V.A. 2004. Arsenic in the bottom sediments of the Baltic Sea. Is it dangerous ? In: *International Borders Geo-environmental Concerns. International workshop*, "PGJ", Krynica Morska, Poland, pp. 12-14.
- Emelyanov, E.M. 2005. *The barrier zones in the ocean. The sediment- and ore formation, and geo-ecology*. Springer, Heidelberg, Berlin, New York, 652 pp.
- Garnaga, G. and Stankevičius, A. 2005. Arsenic and Other Environmental Parameters at the Chemical Munitions Dumpsite in the Lithuanian Economic Zone of the Baltic Sea. *Environmental research, engineering and management*, **3**(33): 24-31.
- HELCOM. 1993a. Complex Analysis of the Hazards related to the captured German Chemical Weapons dumped in the Baltic Sea. Report submitted by Russia to the CHEMU Working Group 2/2/1/Rev.1 (27 Sept. 1993) as amended 11 Oct. 1993.
- HELCOM. 1993b. Report on the availability of correct information on dumped chemical munition on the Swedish Continental Shelf. Report submitted by Sweden to the HELCOM CHEMU Working Group.
- HELCOM. 1993c. Chemical munition dumpsites in the Southern and Western Baltic Sea. Compilation, Assessment and Recommendations. Report by the Federal/Länder Government Working Group "Chemical Munitions in the Baltic Sea". Federal Maritime and Hydrographic Service, Hamburg, May 1993.
- HELCOM. 1993d. Fishing vessel incidents involving dumped chemical munition reported to the Swedish Coast Guard since 1980. Report to the Helsinki Commission from the Ad-Hoc Working Group on Dumped Chemical Munition (HELCOM CHEMU), 2/2/6.
- HELCOM. 1993e. Update of a report dated 7 May 1985 concerning environmental, health and safety aspects connected with the dumping of war gas ammunition in the waters around Denmark. Report to the Helsinki Commission from the Ad-Hoc Working Group on Dumped Chemical Munition (HELCOM CHEMU), 14/10/1.
- HELCOM. 1993f. Information on catches of chemical munitions by fishermen. Report submitted by Latvia to the HELCOM CHEMU Working Group. 2/2/2, 8 September 1993.
- HELCOM 1993g. National report on war gases and ammunition dumped in the Polish Economic Zone of the Baltic Sea. Report submitted by Poland to the HELCOM CHEMU Working Group. 2/2/4, 17 September 1993.
- HELCOM 1993h. National information on dumped chemical munition. Report submitted by Lithuania to the HELCOM CHEMU Working Group. 2/2/7, 28 September 1993.
- HELCOM 1993i. Report on sea dumping of chemical weapons by the United Kingdom in the Skagerrak waters post World War II. Report submitted by United Kingdom to the HELCOM CHEMU Working Group. 2/2/5, 28 September 1993.
- HELCOM. 1994. Report on chemical munitions dumped in the Baltic Sea. Report to the 16th meeting of the Helsinki Commission from the Ad-Hoc Working Group on Dumped Chemical Munition, January 1994.
- HELCOM. 1996a. Third Periodic Assessment of the State of the Marine Environment of the Baltic Sea, 1989-1993. Executive Summary. *Balt. Sea Envir. Proc.* No 64A.
- HELCOM. 1996b. Third Periodic Assessment of the State of the Marine Environment of the Baltic Sea, 1989-1993. Background Document. *Balt. Sea Envir. Proc.* No 64B.

- HELCOM. 2001. Environmental Geochemical Monitoring (EGM) in the Western Baltic Sea - Experiences, Problems and Recommendations. Progress report submitted to the Ad-Hoc Working Group on Sediment Monitoring by Thomas Leipe, Institute for Baltic Sea Research, Germany.
- HELCOM. 2003. Report No. 7 on Chemical Munitions in the Baltic Sea, 2002. Lead country report submitted by Denmark to the HELCOM Response Group, 12/3 (14.03.2003).
- MEDEA. 1997. Ocean dumping of chemical munitions: environmental effects in Arctic SeAs. MEDEA Office, MS Z059 1820 Dolley Madison Blvd. McLean, Virg. 22012, 1997, 241 p.
- Paka, V., and Spridonov, M. 2001. Research of dumped chemical weapons made by R/V "Professor Shtokman" in the Gotland, Bornholm & Skagerrak dumpsites. In: Chemical weapons in coast. In: T. Missiaen & J.-P. Henriët (eds), *Chemical Munition Miesca zatapia in Coastal Environments*, 27-42.
- Paka, V. 2004. Sea-dumped Chemical Weapons: state of problem. *Russian Chemical Journal (Journ. of Mendeleev Russian Chemical Society)*, XLVIII, 2, 99-109.
- Theobald, N., & Rühl, N.P. 1994. Chemische Kampfstoffmunition in der Ostsee. *Dt. Hydrogr. Z.*, Suppl. 1, 121.
- Theobald, N. 2001. Chemical munitions in the Baltic Sea. In: T. Missiaen & J.-P. Henriët (eds), *Chemical Munition Miesca zatapia in Coastal Environments*, 95-106.
- Tørnes, J.A., Voie Ø.A., Ljønes, M. et al. 2002. Investigation and risk assessment of ships loaded with chemical ammunition scuttled in the Skagerrak. SFT Internal Report TA-1907/2002, 76 pp.