

Biblioteka **PIG**
Warszawa

86820

OWY INSTYTUT GEOLOGICZNY

**REGAŁ
z ATLASAMI
i MAPAMI**

TERESA SZCZEPAŃSKA, SZYMON UŚCINOWICZ

**ATLAS GEOCHEMICZNY
POŁUDNIOWEGO BAŁTYKU**

**GEOCHEMICAL ATLAS
OF THE SOUTHERN BALTIC**

1:500 000



75
LAT DZIAŁALNOŚCI
1919 - 1994
PAŃSTWOWEGO INSTYTUTU GEOLOGICZNEGO

WARSZAWA 1994

PAŃSTWOWY INSTYTUT GEOLOGICZNY

TERESA SZCZEPAŃSKA, SZYMON UŚCINOWICZ

**ATLAS GEOCHEMICZNY
POŁUDNIOWEGO BAŁTYKU**

**GEOCHEMICAL ATLAS
OF THE SOUTHERN BALTIC**

1:500 000



WARSZAWA 1994

Handwritten text at the bottom of the page, possibly a library or archival mark, including the number '08828' and other illegible characters.

Praca finansowana przez
KOMITET BADAŃ NAUKOWYCH oraz NARODOWY FUNDUSZ
OCHRONY ŚRODOWISKA I GOSPODARKI WODNEJ

Redaktor części tekstowej mgr Barbara SŁOWAŃSKA

Akceptował do druku dnia 26.VII.1994 r.
Dyrektor Państwowego Instytutu Geologicznego
Prof. dr hab. Krzysztof JAWOROWSKI

© Copyright by Państwowy Instytut Geologiczny, Warszawa 1994

Tekst angielski tłumaczył mgr inż. Andrzej CIEŚLAK
Weryfikacja tłumaczenia mgr Thomas OLSZEWSKI



Skład komputerowy Wojciech JEGLIŃSKI

Druk ZPP Polskiej Agencji Ekologicznej S.A. Wyd. I. Nakład 200 + 25. Zam. C-44.

Nr inw. d/86820/94

SPIS TREŚCI — CONTENTS

Wstęp	5
Opróbowanie	6
Przygotowanie próbek i metody analityczne	6
Analiza statystyczna i konstrukcja map geochemicznych	7
Środowisko i procesy sedymentacyjne w Południowym Bałtyku	10
Mapy geochemiczne osadów	11
Tło geochemiczne i współczynniki wzbogacenia antropogenicznego powierzchniowej warstwy osadów	19
Podsumowanie	21
Introduction	23
Sampling	24
Preparation of samples and methods of analysis	24
Statistical analysis and construction of geochemical maps	25
Environment and sedimentation processes in the Southern Baltic	26
Geochemical maps of deposits	28
Geochemical background and antropogenic enrichment factors of surface layer deposits	32
Summary	33
Literatura — References	35
Spis figur — Figures	37

WSTĘP

Jednym z niepomyślnych skutków cywilizacji, z którymi obecnie boryka się prawie cały świat, jest zanieczyszczenie środowiska. Szczególnie ostro skutki te są widoczne w obszarach silnie uprzemysłowionych i zurbanizowanych. Takim rejonem jest między innymi zlewnia Morza Bałtyckiego. Na jej obszarze mieszka ponad 140 milionów ludzi. W efekcie ich działalności przemysłowej, rolniczej i komunalnej do morza dostają się zanieczyszczenia, odpady organiczne i nieorganiczne, m. in. zawierające metale ciężkie. Gromadzą się one zarówno w wodzie morskiej, zawieszając je także w osadach. Substancje toksyczne wchodzą w łańcuch pokarmowy stanowiąc tym samym zagrożenie dla zdrowia zwierząt i ludzi.

W 1992 r., po doświadczeniach zdobytych w trakcie realizacji Atlasu geochemicznego Warszawy (J. Lis, 1991) i Atlasu geochemicznego Warszawy i okolic (J. Lis, 1992), Państwowy Instytut Geologiczny przystąpił do opracowania geochemicznego atlasu Polski w skali 1 : 500 000, natomiast Oddział Geologii Morza PIG rozpoczął prace nad Atlasem geochemicznym południowego Bałtyku w skali 1 : 500 000. Badaniami objęto polską strefę ekonomiczną Morza Bałtyckiego o powierzchni 30 532 km².

W latach 1991-1993 pobrano próbki osadów z powierzchni dna w 368 stacjach badawczych. Zakres badań chemicznych obejmował oznaczenie zawartości C_{org.}, Al, As, Ba, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, P, Pb, S, Sr, V i Zn. Wykonano również analizę uziarnienia osadów. Badaniom poddano próbki piasków i piasków mulistych z warstwy 0-5 cm oraz mułów piaszczystych i mułów z warstwy 0-1 cm jako reprezentatywne dla obecnego stanu geochemicznego osadów południowego Bałtyku. W wybranych rdzeniach osadów określono zmienność zawartości badanych składników w profilu pionowym oraz tempo sedymentacji metodą ²¹⁰Pb.

W realizacji zadania brał udział zespół specjalistów:

- opróbowanie: P. Anolik, W. Jegliński, W. Prussak, Z. Rychter, J. Sochan, K. Sokołowski, T. Szczepańska, St. Uścińowicz, L. Zaleszkiewicz,
- przygotowanie próbek: P. Anolik, J. Grzegorzewska, H. Jeglińska, K. Sokołowski,
- analizy chemiczne pod kierunkiem P. Paślawskiego i K. Jakimowicz-Hnatyszak: A. Bellok, E. Górecka, A. Jaklewicz, I. Jaroń, M. Krupiński, J. Kucharzyk, B. Kudowska, D. Lech, M. Liszewska, T. Liszewski,
- analizy uziarnienia: H. Jeglińska, W. Rudeńska,
- baza danych i opracowanie statystyczne: P. Anolik, K. Sokołowski, Sz. Uścińowicz,
- opracowanie map w PC ARC/INFO: W. Jegliński.

OPRÓBOWANIE

Stacje badawcze (punkty pomiarowe) rozmieszczone zostały w obrębie regularnej siatki, jedna stacja na obszarze około 100 km² i są zlokalizowane w zasięgu dominującego w danym kwadracie typu granulometrycznego osadu (Tablica I). Próbkę pobrano w latach 1991-1993. Położenie geograficzne stacji badawczych określono przy użyciu systemów nawigacyjnych GPS (Global Positioning System) z dokładnością do 50 m. Głębokość morza mierzono z dokładnością 0,5 m echosondami Atlas-Deso 20 i Honeywell-Elac LAZ 4700.

Muły i muły piaszczyste pobierano próbnikami grawitacyjnymi typu Niemistö uzyskując rdzenie osadów o nienaruszonej strukturze o długości do 80 cm oraz typu Kajak pobierającego rdzenie do 26 cm. Średnice wewnętrzne próbników wynosiły odpowiednio 4,8 cm i 7,8 cm. Osady odcinka 0-6 cm dzielono na próbki jednocentymetrowe, osady odcinka 6-20 cm na próbki dwucentymetrowe, a poniżej 20 cm na fragmenty pięciocentymetrowe. Próbkę umieszczano w hermetycznie zamykanych pudełkach plastikowych, zamrażano i przechowywano w temperaturze -20° C. Dla zabezpieczenia odpowiedniej ilości materiału do analizy pobierano zwykle po 2 rdzenie na każdej stacji badawczej. Piaski i piaski muliste pobierano czerpakiem Van Veena umożliwiającym zebranie materiału z powierzchni około 0,2 m². Z osadów tych pobierano próbki z warstwy 0-5 cm. Obecne w osadach szczątki muszli i roślin, konkrecje Fe-Mn lub ich fragmenty, oddzielano.

PRZYGOTOWANIE PRÓBEK I METODY ANALITYCZNE

Próbki osadów dzielono na dwie części, z których jedną poddano analizie granulometrycznej, a drugą przygotowano do analizy chemicznej. Analizę uziarnienia osadów mulistych i mulisto-piaszczystych wykonano na laserowym mierniku wielkości ziarn Analysette 22 i na wadze sedymentacyjnej Sartorius po uprzednim usunięciu substancji organicznej za pomocą perhydrołu. Skład ziarnowy piasków określono używając zestawu sit co 1 jednostkę ϕ . Oddzielną porcję piasku przesiewano przez sito nylonowe o średnicy oczek 0,2 mm uzyskując próbkę do analizy chemicznej o masie około 2 g. Analizy chemiczne wykonano w Centralnym Laboratorium Chemicznym Państwowego Instytutu Geologicznego w Warszawie, a analizy uziarnienia w laboratorium Oddziału Geologii Morza PIG w Sopocie.

Próbki osadów po wysuszeniu w temperaturze pokojowej i sproszkowaniu roztwarzano w HNO₃ 1+1 w urządzeniu mikrofalowym MDS-81D w czasie 0,5 godziny. Oznaczenie zawartości Al, As, Ba, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, P, Pb, S, Sr, V i Zn wykonano głównie metodą ICP za pomocą spektrometru emisyjnego ze wzbudzeniem plazmowym PV 8060 oraz metodą płomieniowej absorpcji atomowej na spektrometrach PU-9100X i SP9-800. Poprawność metod analitycznych kontrolowano poprzez analizę międzynarodowych próbek odniesienia (E. Górecka i in., 1993) oraz porównania międzylaboratoryjne prowadzone w Uniwersytecie Warszawskim i w Instytucie Oceanologii Polskiej Akademii Nauk.

Całkowitą zawartość węgla organicznego C_{org} oznaczono zmodyfikowaną metodą kulometryczną za pomocą Coulomatu 702.

Precyzję stosowanych metod analitycznych określa względne odchylenie standardowe od średniej arytmetycznej (RSD) (tab.1).

$$RSD = \frac{1}{\bar{x}} \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n(n-1)}} \cdot 100\%$$

gdzie: n - liczba pomiarów (równa 11),

x_i - kolejny wynik,

\bar{x} - średnia arytmetyczna wyników.

Tabela 1
Table

Precyzja oznaczeń metali, fosforu i siarki metodą ICP oraz C_{org} metodą kulometryczną
Precision of determination of metals, phosphorus and sulphur by ICP method and C_{org} by coulometric method

Składnik Component	RSD (%)	Składnik Component	RSD (%)
C_{org}	1.6	Fe	1.0
Al	3.5	Mn	1.1
As	15.9	Ni	2.3
Ba	3.6	P	2.5
Ca	1.4	Pb	2.2
Cd	5.3	S	0.5
Co	3.0	Sr	1.8
Cu	1.8	V	2.7
Cr	2.7	Zn	1.5

Oznaczenie szybkości sedimentacji osadów mulistych metodą ołowiową wykonano w Instytucie Oceanologii Polskiej Akademii Nauk w Sopocie. Aktywność ^{210}Pb mierzono w spektrometrze α stosując detektor półprzewodnikowy Si/Li.

ANALIZA STATYSTYCZNA I KONSTRUKCJA MAP GEOCHEMICZNYCH

Wyniki oznaczeń chemicznych i analiz granulometrycznych oraz współrzędne punktów pobrania próbek i głębokość morza wprowadzono do bazy danych działającej w oparciu o program Fox-Pro. Zebrane w bazie danych wyniki umożliwiły wykonanie analizy statystycznej obejmującej:

- obliczenie współczynników korelacji pomiędzy zawartością poszczególnych składników chemicznych w warstwie powierzchniowej osadów (tab. 2),
- wykonanie wykresów zależności zawartości składników chemicznych w warstwie powierzchniowej osadów od głębokości morza,
- wykonanie wykresów zależności zawartości składników chemicznych w warstwie powierzchniowej osadów od zawartości frakcji $<0,063$ mm,
- obliczenie rozkładów częstotliwości występowania, średnich arytmetycznych, odchyłeń standardowych, wartości minimalnych i maksymalnych zawartości składników chemicznych w warstwie powierzchniowej dla poszczególnych typów osadów: piaski, piaski muliste i muły piaszczyste (łącznie) oraz muły; obliczenia powyższe wykonano też dla mułów z warstwy 18-20 cm (fig.1-18),
- obliczenie parametrów statystycznych zawartości składników chemicznych w warstwie powierzchniowej 0-1 cm i warstwie 18-20 cm mułów dla poszczególnych basenów południowego Bałtyku.

Powyższy zakres analizy statystycznej umożliwił określenie podstawowych prawidłowości w występowaniu poszczególnych składników chemicznych, zarówno w warstwie powierzchniowej osadów, jak i w profilu pionowym.

Wyniki analiz chemicznych przedstawiono na 18 monopierwiastkowych mapach geochemicznych (Tablice II – XIX). Zawierają one obraz rozmieszczenia zawartości badanych składników na tle batymetrii i uziarnienia osadów. Jako podkładu topograficznego użyto mapy w skali 1:500 000 w odwzorowaniu Gaussa-Krügera w układzie Borowa Góra.

Wśród występujących na powierzchni dna osadów, w oparciu o stosunek zawartości frakcji piaszczystej ($> 0,063$ mm) do frakcji mulistej ($< 0,063$ mm), wyróżniono następujące typy:

- piaski (zawartość frakcji $> 0,063$ mm większa niż 75 %),
- piaski muliste i muły piaszczyste (zawartość frakcji $> 0,063$ mm 75 - 25 % przy zawartości frakcji $< 0,063$ mm 25- 75 %),
- muły (zawartość frakcji $< 0,063$ mm większa niż 75 %).

Zasięg występowania poszczególnych typów osadów określono na podstawie wcześniejszych wyników badań (Mapa geologiczna dna Bałtyku w skali 1:200 000) przy uwzględnieniu wyników analizy uziarnienia próbek pobranych do badań geochemicznych.

Izolinie zawartości poszczególnych składników chemicznych w warstwie powierzchniowej osadu wykreślono w oparciu o zasady interpolacji, uwzględniając równocześnie istotne zależności pomiędzy ich zawartością a uziarnieniem osadów i głębokością morza. Wszystkie informacje zawarte na mapach zostały zdigitalizowane przy użyciu programu PC ARC/INFO.

Tabela 2
Table

Współczynniki korelacji między składnikami chemicznymi
Coefficients of correlation between chemical components

	Corg.	Al	As	Ba	Ca	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	P	Pb	S	Sr	V	Zn
Corg.	X	0.81	0.74	0.61	0.30	0.74	0.70	0.88	0.93	0.83	0.26	0.84	0.86	0.90	0.85	0.87	0.79	0.91
Al		X	0.80	0.79	0.40	0.62	0.93	0.94	0.94	0.97	0.44	0.97	0.82	0.91	0.85	0.87	0.93	0.94
As			X	0.71	0.18	0.57	0.77	0.79	0.82	0.82	0.45	0.81	0.79	0.76	0.79	0.77	0.79	0.82
Ba				X	0.32	0.53	0.75	0.74	0.72	0.79	0.37	0.77	0.71	0.65	0.59	0.76	0.75	0.72
Ca					X	0.35	0.38	0.40	0.31	0.42	0.17	0.41	0.29	0.29	0.28	0.53	0.36	0.32
Cd						X	0.54	0.66	0.70	0.65	0.26	0.65	0.66	0.67	0.64	0.69	0.58	0.72
Co							X	0.85	0.86	0.93	0.56	0.92	0.76	0.83	0.79	0.81	0.91	0.87
Cr								X	0.95	0.94	0.36	0.97	0.85	0.91	0.85	0.90	0.89	0.94
Cu									X	0.94	0.35	0.95	0.86	0.97	0.91	0.89	0.90	0.98
Fe										X	0.47	0.97	0.87	0.90	0.88	0.91	0.93	0.94
Mn											X	0.44	0.41	0.34	0.34	0.45	0.54	0.41
Ni												X	0.84	0.92	0.86	0.88	0.92	0.95
P													X	0.83	0.72	0.91	0.81	0.85
Pb														X	0.88	0.84	0.86	0.96
S															X	0.79	0.82	0.91
Sr																X	0.86	0.89
V																	X	0.91
Zn																		X

ŚRODOWISKO I PROCESY SEDYMENTACYJNE W POŁUDNIOWYM BAŁTYKU

Morze Bałtyckie jest płytkim, bezpływowym morzem wewnątrzkontynentalnym posiadającym niegłębokie i wąskie połączenia z Oceanem Atlantyckim poprzez Cieśniny Duńskie (K. Łomniewski i in., 1975). W obrębie polskiej części południowego Bałtyku wyróżniają się obszary głębokowodne, takie jak południowa część Basenu Bornholmskiego o maksymalnej głębokości 95 m, Rynna Słupska (max. głęb. 91 m), południowa część Basenu Gotlandzkiego (max. głęb. 120 m) i zachodnia część Basenu Gdańskiego (max. głęb. 107 m). Poszczególne baseny rozdzielone są progami i wyniesieniami dna. Wokół basenów głębokowodnych rozpościerają się obszary płytkowodne, w obrębie których wyróżniają się wyniesienia dna, takie jak: Ławica Odrzana, Ławica Słupska i Południowa Ławica Środkowa.

Istotną cechą wód bałtyckich jest ich uwarstwienie termohaliczne. Warstwa górna wód charakteryzuje się sezonową zmianą temperatury oraz zasoleniem od około 7,5 - 8,0‰ w Basenie Bornholmskim do około 7,0‰ w Basenie Gdańskim. Warstwa dolna wód odznacza się stałą temperaturą około 3-4°C. Górną granicę warstwy dolnej - izotermicznej, stanowi w Południowym Bałtyku izohalina 8‰. W Basenie Bornholmskim izohalina 8‰ położona jest na głębokości około 45-50 m, w Rynnie Słupskiej 50-60 m, w Basenie Gdańskim 60-80 m, a w południowej części Basenu Gotlandzkiego na około 70-80 m. Górna część warstwy słonej odznacza się szybkim wzrostem zasolenia (tzw. haloklina). Zasolenie wód poniżej halokliny wynosi przeciętnie 15-16‰ w Basenie Bornholmskim, 12,5-13‰ w Rynnie Słupskiej oraz 11-12‰ w Basenie Gdańskim i południowej części Basenu Gotlandzkiego (K. Łomniewski i in. 1975; B. Cyberska, 1987; A. Majewski, 1987).

Z uwarstwieniem wód Bałtyku związane jest zróżnicowanie zawartości tlenu w wodzie. W warstwie powyżej halokliny nasycenie wód tlenem waha się od 100 % przy powierzchni do około 70% w warstwach głębszych. Wody w obrębie halokliny odznaczają się dużymi wahaniami zawartości tlenu, natomiast nasycenie tlenem wód poniżej halokliny jest mniejsze niż 20%. W wodach przydennych w Basenach Bornholmskim i Gdańskim okresowo występują też warunki beztlenowe. Na początku lat siedemdziesiątych zarejestrowano po raz pierwszy w wodach przydennych Basenów Bornholmskiego i Gdańskiego obecność siarkowodoru. Od tej pory stan stagnacyjny utrzymuje się prawie przez cały czas, zwłaszcza w Basenie Gdańskim (A. Majewski, 1987). Warunków beztlenowych nie zanotowano dotąd w wodach przydennych Rynny Słupskiej i południowej części Basenu Gotlandzkiego.

Gęstość wody, jedna z najważniejszych właściwości fizycznych, zależy od temperatury i zasolenia. W okresie od maja do listopada istnieje skok gęstości (piknoklina) na termoklinie letniej. Z upływem lata głębokość termokliny obniża się od około 10 m w maju do 30-40 m w październiku - listopadzie i w końcu dochodzi do jesiennego zaniku. Głębinowa warstwa skoku gęstości związana jest z halokliną i nie wykazuje zależności od pór roku, lecz od adwekcji głębinowych mas wodnych, pochodzących zazwyczaj z wlewów.

Podstawowe znaczenie w bilansie materiału osadowego dostarczanego do Bałtyku Południowego mają procesy abrazji zachodzące w strefie brzegowej, zwłaszcza niszczenie klifów zbudowanych głównie z plejstocenijskich glin i piasków.

Ważnym źródłem materiału osadowego jest transport rzeczny, odgrywający szczególnie dużą rolę w rejonie Basenu Gdańskiego. Ważnym źródłem osadów w Basenie Gdańskim jest również materiał zawieszinowy pochodzący z kopalni bursztynu na półwyspie Sambijskim (E. M. Emelyanov, K. Wypych, 1987).

Materiał osadowy dostający się w strefie brzegowej do morza podlega pod wpływem falowania i prądów procesom selekcji i transportu. Rozmieszczenie poszczególnych typów osadów na dnie morza zależy od średnich długookresowych poziomów energii w środowisku morskim. W Morzu Bałtyckim dominujący wpływ na strefowy rozkład energii przydennych mas wodnych ma stała stratyfikacja gęstościowa oraz falowanie i prądy morskie, zwłaszcza te występujące w czasie sztormów.

Osady piaszczyste pokrywają dno morskie do głębokości występowania piknokliny. Procesy dynamiczne zachodzące w tej warstwie wód uniemożliwiają trwałą depozycję w tych obszarach osadów mulistych. Zawartość frakcji drobniejszej niż 0,063 mm jest na ogół mniejsza niż 0,5%. Na głębokościach, na których zaznaczają się wpływy fal i prądów powstających w czasie sztormów, osady piaszczyste podlegają częstej redepozycji. Występują tu osady o różnorodnej granulacji, od żwiru do piasków drobnoziarnistych. Głębiej, poza zasięgiem fal sztormowych, występują przeważnie dobrze wysortowane piaski drobnoziarniste.

W obrębie styku piknokliny z dnem morskim występują na ogół osady piaszczysto-muliste i mulisto-piaszczyste. Na wyniesieniach dna i progach rozdzielających Basen Bornholmski od Rynny Słupskiej oraz pomiędzy Basenami Gdańskim, Gotlandzkim i Rynną Słuską, w strefie piknokliny, występują również piaski, często z domieszką frakcji żwirowych oraz konkretne żelazowo-manganowe. Osady występujące w strefie kontaktu piknokliny z dnem morskim powstają przy udziale skomplikowanych, mało poznanych procesów hydro- i litodynamicznych. W strefie tej obserwowane są okresy spokoju i stagnacji na przemian z okresami względnie dużej dynamiki dna związanej z falami wewnętrznymi.

Osady muliste występują poniżej piknokliny. Powstają w wyniku sedymentacji z zawiesiny, a tempo sedymentacji zależy zarówno od ilości dostarczanej zawiesiny, jak i od warunków dynamicznych panujących w wodach przydennych. Szybkość sedymentacji osadów mulistych w południowym Bałtyku waha się od 0,13 mm/rok do 2,92 mm/rok (J. Pempkowiak, 1992). Najczęściej występują wartości rzędu 1 - 2 mm/rok (B. Winterhalter i in., 1981; V. Kuptsov i in., 1984; M. Pertillä, L. Brüggmann, 1992; J. Walkusz i in., 1992; T. Szczepańska, J. Pempkowiak, 1994). Podobne wyniki szybkości sedymentacji uzyskano w niniejszej pracy (tab. 3). Szybkość sedymentacji jest większa w centralnych częściach basenów, zmniejsza się na ich obrzeżach oraz lokalnie na wyniesieniach dna wewnątrz basenów, gdzie miąższość mułów może wynosić zaledwie kilka centymetrów.

MAPY GEOCHEMICZNE OSADÓW

Rozmieszczenie poszczególnych składników w osadach dennych w bardzo wyraźny sposób zależy od uziarnienia (fig. 1-18). Zarówno metale jak i węgiel organiczny, siarka i fosfor koncentrują się we frakcji osadu drobniejszej niż

Tabela 3
Table

Szybkość sedymentacji osadów mulistych
Sedimentation rate of muds

Rejon Area	Nr stacji No. of station	Szybkość sedymentacji (mm/rok) Sedimentation rate (mm/year)
Basen Bornholmski Bornholm Basin	47B/92	1.56 ± 0.08
Rynna Słupska Słupsk Furrow	62aS/92	0.62 ± 0.12
Basen Gotlandzki Gotland Basin	22G/92	0.46 ± 0.07
Basen Gdański Gdańsk Basin	34/91	1.65 ± 0.16
	2E196/92	1.85 ± 0.18
	1E138/92	1.43 ± 0.12
Zatoka Pucka Puck Bay	2ZG110/92	0.24 ± 0.03

0,063 mm, a ilość tej frakcji, podobnie jak zawartość metali, rośnie wraz z głębokością morza, szczególnie szybko od poziomu występowania piknokliny. Od powyższych ogólnych zależności istnieje wiele regionalnych i lokalnych odchyleń, wynikających zarówno z rozmieszczenia naturalnych i sztucznych źródeł zasilania w poszczególne składniki, jak i ze zróżnicowania warunków środowiskowych morza takich, jak układy cyrkulacyjne prądów morskich czy zróżnicowana zawartość tlenu w przydennych masach wodnych.

C_{org} – węgiel organiczny. Zawartość węgla organicznego w piaskach jest bardzo mała i wynosi mniej niż 1%. W nieco większej ilości składnik ten występuje w piaskach mulistych i mułach piaszczystych, gdzie w 47% próbek jest go więcej niż 1% przy zawartości maksymalnej 4,28%. Węgiel organiczny koncentruje się głównie w mułach. Najwyższa zawartość cechuje muły Basenu Gdańskiego, a najniższa – Rynny Słupskiej (Tablica II, tab.4, fig. 1).

Al – glin. Zawartość glinu w powierzchniowej warstwie osadów wynosi od 0,04 do 3,97%. W piaskach jego ilość jest mało zmienna i nie przekracza 1%. W piaskach mulistych i mułach piaszczystych glin obecny jest w większej ilości, w 43% próbek zawartość glinu wynosi mniej niż 1%, a w 45% próbek w zakresie od 1 do 2%. W mułach glin występuje najczęściej w ilości od 2 do 4% (76% próbek). Wyróżniają się muły Basenu Bornholmskiego zawierające od 3 do 4% glinu. Najmniej glinu występuje w warstwie powierzchniowej mułów w Rynnie Słupskiej i w Zatoce Puckiej (Tablica III, tab.4, fig. 2).

As – arsen. Arsen występuje w piaskach najczęściej w ilości mniejszej niż 5 ppm, tj. poniżej progu oznaczalności stosowanej metody analitycznej. Zawartość tego metalu w piaskach mulistych i mułach piaszczystych wynosi zwykle od 5 do 15 ppm (85% próbek). W warstwie powierzchniowej mułów, arsen gromadzi się najczęściej w ilości od 15 do 29 ppm (51% próbek). Zawartość maksymalną, 29 ppm, stwierdzono w mułach Basenu Bornholmskiego, w sąsiedztwie Bornholmu. Wysokie zawartości arsenu (> 20 ppm) stwierdzono też lokalnie w Basenach Gotlandzkim i Gdańskim, przy wschodniej granicy polskiej strefy ekonomicznej. W najniższym stężeniu arsen występuje w warstwie powierzchniowej mułów w Rynnie Słupskiej i w Zatoce Puckiej (Tablica IV, tab.4, fig. 3).

Ba – bar. Bar występuje w warstwie powierzchniowej piasków najczęściej w zakresie stężeń od 2 do 50 ppm (94% próbek). W piaskach mulistych i mułach piaszczystych dominują zawartości w przedziale od 50 do 100 ppm, jakkolwiek występują miejscami ilości Ba znacznie wyższe, maksymalnie do 510 ppm. Warstwa powierzchniowa mułów zawiera najczęściej od 100 ppm do 200 ppm baru (67% próbek), przy zawartości maksymalnej 460 ppm, stwierdzonej w Basenie Gdańskim. Wysoka zawartość baru, od 250 do 314 ppm, występuje też lokalnie w powierzchniowej warstwie mułów w Basenie Gotlandzkim. Maksymalną zawartość Ba obserwuje się w mułach piaszczystych w obszarze przejściowym, pomiędzy Basenem Gdańskim i Basenem Gotlandzkim. Niska zawartość Ba w zakresie od 50 do 150 ppm stwierdzona została w mułach Rynny Słupskiej oraz Zatoki Gdańskiej i Puckiej (Tablica V, tab.4, fig. 4).

Ca – wapń. Zawartość wapnia w piaskach wynosi od 0,02 do 0,46%, przy czym najczęściej jest mniejsza niż 0,20% (87% próbek). Wartości większe, zawarte w zakresie od 0,20 do 0,46%, stwierdzono jedynie lokalnie i należy je wiązać z bliskością ujść rzecznych i wybrzeży klifowych (strefa brzegowa), lub bliskością wychodni osadów plejstocénskich, a także z drobnymi okruchami muszli o średnicy < 0,2 mm, występujących w osadzie. W piaskach mulistych i mułach piaszczystych wapń występuje najczęściej w ilości od 0,20 do 0,40% (50% próbek), a wartość maksymalna osiąga 0,62%. Warstwa powierzchniowa mułów odznacza się zawartością wapnia najczęściej większą niż 0,40%, maksymalnie do 0,90%. Wapń występuje w ilości najwyższej (0,80 - 0,90%) w mułach warstwy powierzchniowej Zatok Gdańskiej i Puckiej, stanowiących południową część Basenu Gdańskiego oraz lokalnie na niewielkich powierzchniach dna w Basenie Gotlandzkim (Tablica VI, tab.4, fig. 5).

Cd – kadm. Zawartość kadmu w osadach powierzchniowych południowego Bałtyku jest niska i występuje najczęściej na granicy oznaczalności stosowanej metody analitycznej, tj. < 1ppm. Najwyższe zawartości Cd 2,0 - 2,5 ppm stwierdzono lokalnie w warstwie powierzchniowej mułów w Basenie Gdańskim (Tablica VII, tab.4, fig. 6).

Co – kobalt. Piaski odznaczają się małą zawartością kobaltu: nie przekraczającą na ogół 5 ppm. Również w piaskach mulistych i mułach piaszczystych zawartość kobaltu jest niska, w 79% próbek nie przekracza ona 10 ppm, a zawartość maksymalna osiąga 18 ppm. Wyraźny wzrost zawartości Co występuje w mułach, gdzie w warstwie powierzchniowej zwykle występuje od 10 do 24 ppm. Najwyższa zawartość kobaltu, 20-24 ppm, dotyczy znacznych obszarów Basenu Bornholmskiego. Pojedyncze



Tabela 4
Table

Parametry statystyczne zawartości składników chemicznych w mulach
Statistical parameters of chemical components in muds

Muly Muds	*)	C org. (%)	Al	As (ppm)	Ba	Ca (%)	Cd	Co (ppm)	Cr	Cu	Fe (%)	Mn (ppm)	Ni	P (%)	Pb (ppm)	S (%)	Sr	V (ppm)	Zn
Basen Bornholmski Bornholm Basin warstwa layer 0-1 cm	x	4.51	3.02	13	139	0.46	~1.0	16	53	43	3.20	1301	37	0.15	74	0.84	57	78	171
	σ	0.896	0.665	5.4	45.2	0.093	0.2	5.4	8.4	7.4	0.836	1568	8.09	0.035	14.4	0.311	12.6	21.5	42.3
	min.	1.87	1.06	5	20	0.14	<1.0	2	29	20	0.44	50	15	0.04	35	0.043	13	9	62
	max.	5.76	3.97	29	291	0.63	2.0	24	65	54	4.30	6135	50	0.23	106	1.958	80	108	238
	n	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36
warstwa layer 18-20 cm	x	4.55	3.34	23	136	0.51	~1.0	16	56	38	3.66	985	39	0.14	40	1.57	57	89	105
	σ	0.654	0.820	12.3	38.6	0.072	0.0	5.1	9.4	5.7	0.833	1646	8.6	0.030	14.5	0.473	10.5	16.0	25.4
	min.	3.25	1.23	6	14	0.34	<1	7	29	24	1.29	164	23	0.09	8	0.59	38	49	58
	max.	6.12	4.66	60	212	0.74	1.2	26	71	45	4.81	9540	55	0.26	66	2.64	73	122	158
	n	30	30	26	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	15
Rynna Słupska Słupsk Furrow warstwa layer 0-1 cm	x	2.58	2.00	9	123	0.51	~1.0	10	34	26	2.16	733	26	0.12	49	0.27	40	45	101
	σ	0.816	0.506	3.5	18.4	0.117	0.1	4.4	9.4	8.8	0.650	582	6.4	0.036	19.2	0.214	7.1	11.8	29.0
	min.	0.47	0.88	5	93	0.35	<0.8	2	12	8	1.14	265	12	0.05	10	0.029	28	20	40
	max.	3.92	2.85	18	160	0.68	~1.0	21	47	42	3.76	2420	39	0.21	87	0.890	56	63	157
	n	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11
warstwa layer 18-20 cm	x	2.52	2.31	9	138	0.37	~0.9	11	37	26	2.41	322	27	0.09	33	0.83	34	49	74
	σ	0.327	0.392	3.2	23.5	0.101	0.2	2.1	7.0	7.3	0.433	111.4	5.2	0.015	10.1	0.227	6.5	10.6	16.6
	min.	2.04	1.79	4	100	0.26	<0.5	8	25	12	1.81	169	16	0.06	13	0.54	24	35	45
	max.	2.95	2.93	13	180	0.52	1.0	15	47	36	2.98	534	32	0.11	47	1.25	42	65	95
	n	5	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
Basen Gotlandzki Gotland Basin warstwa layer 0-1 cm	x	3.95	2.75	17	202	0.43	~1.0	14	52	38	3.09	907	34	0.17	56	0.59	58	66	140
	σ	0.953	0.441	4.3	44.4	0.119	0.0	3.6	6.6	7.5	0.478	1018	5.6	0.060	10.5	0.266	15.7	17.0	23.2
	min.	2.07	1.85	6	140	0.26	<0.9	6	38	24	1.77	198	18	0.10	34	0.20	36	40	91
	max.	6.56	3.82	23	314	0.88	1.2	20	63	55	4.04	4660	43	0.34	71	1.15	104	120	182
	n	24	24	24	24	24	23	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24

Muly Muds	*)	C org. (%)	Al	As (ppm)	Ba	Ca (%)	Cd	Co (ppm)	Cr	Cu	Fe (%)	Mn (ppm)	Ni (%)	P (%)	Pb (ppm)	S (%)	Sr	V (ppm)	Zn
warstwa layer 18-20 cm	x	3.35	3.39	16	215	0.39	~1	16	56	37	3.55	747	39	0.11	39	1.25	48	77	105
	σ	0.519	0.522	5.99	47.3	0.092	0.0	4.0	6.8	6.1	0.674	1301	6.9	0.016	12.5	0.478	8.1	12.1	18.0
	min.	2.18	2.68	5	170	0.27	<1	12	43	24	2.76	230	30	0.08	20	0.79	36	59	82
	max.	3.84	4.23	24	336	0.6	1.0	26	69	44	5.46	5050	53	0.13	69	2.66	62	100	134
	n	12	12	11	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	10	12
Basen Gdański Gdańsk Basin warstwa layer 0-1 cm	x	5.59	2.40	16	146	0.50	~1.4	9	52	42	2.80	320	31	0.16	66	0.80	57	57	169
	σ	1.654	0.739	5.7	68.6	0.190	0.4	3.5	12.2	11.3	0.780	203	8.1	0.067	21.8	0.379	16.0	21.6	42.8
	min.	1.46	0.75	5	42	0.18	<0.9	4	24	12	1.00	109	12	0.05	8	0.147	24	20	65
	max.	8.77	3.76	25	460	0.99	2.3	16	77	56	4.04	1195	42	0.38	92	1.820	100	140	259
	n	42	44	43	43	42	44	44	44	44	44	44	43	44	43	43	43	43	44
warstwa layer 18-20 cm	x	3.80	3.60	19	145	0.53	~1.2	15	64	41	3.52	365	42	0.10	65	1.40	54	84	143
	σ	0.892	1.020	6.61	50.8	0.211	0.5	4.8	12.7	8.8	0.868	141.7	9.4	0.020	29.6	0.353	7.6	22.6	45.4
	min.	2.03	1.56	9	57	0.28	<1	7	34	21	1.98	185	20	0.06	24	0.77	31	30	76
	max.	6.46	5.19	37	210	1.11	3.0	25	85	57	4.76	726	55	0.13	137	2.29	66	113	254
	n	22	23	23	22	22	22	22	23	23	23	22	23	22	23	22	22	22	23
Zatoka Pucka Puck Bay warstwa layer 0-1 cm	x	4.07	1.16	9	61	0.56	~1.3	6	41	23	1.73	203	18	0.11	32	0.45	52	47	108
	min.	1.21	1	5	40	0.38	<1.0	2	18	8	0.84	146	8	0.057	12.0	0.107	22	23	53
	max.	6.10	1.74	10	100	0.74	2.4	8	71	40	2.69	295	30	0.199	59	0.760	74	80	164
	n	5	5	5	5	3	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
	x	2.09	2.73	9	70	0.47	~1	8	48	23	2.55	258	30	0.05	26	0.86	38	57	81
warstwa layer 18-20 cm	min.	1.73	1.59	4	20	0.36	<1	4	30	20	1.73	176	14	0.04	22	0.63	30	20	72
	max.	2.5	4.25	11	110	0.62	1.0	13	67	29	3.33	376	46	0.07	31	1.42	45	85	103
	n	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4

*) x - wartość średnia
mean valueσ - odchylenie standardowe
standard deviationmin. - wartość minimalna
minimum valuemax. - wartość maksymalna
maximum valuen - liczba analiz
number of analyses

niewielkie powierzchnie osadów o podobnej zawartości, występują w Rynnie Słupskiej i Basenie Gotlandzkim. Muły warstwy powierzchniowej Zatoki Gdańskiej i Puckiej odznaczają się relatywnie niskimi zawartościami kobaltu, nie przekraczającymi 10 ppm (Tablica VIII, tab.4, fig. 7).

Cr – chrom. Zawartość chromu w piaskach nie przekracza przeważnie 10 ppm, jedynie w 5% próbek zawartość tego metalu była wyższa i dochodziła do 33 ppm. Piaski muliste i muły piaszczyste charakteryzują się tylko nieco szerszym zakresem zawartości chromu. Maksymalnie wynosi ona 54 ppm, a najczęściej występuje w przedziale od 10 do 30 ppm. Muły zawierają zwykle od 40 do 70 ppm Cr przy czym zawartości średnie w osadach mulistych Basenów Bornholmskiego, Gotlandzkiego i Gdańskiego są podobne i wynoszą 52–53 ppm. Podwyższone zawartości chromu (50–70 ppm) stwierdzono w warstwie powierzchniowej mułów w Basenach Gdańskim i Bornholmskim. W Basenie Bornholmskim osady zawierające Cr w takiej ilości zajmują większe powierzchnie niż w Basenie Gdańskim. Najmniej chromu jest w mułach Rynny Słupskiej, gdzie koncentracja tego metalu nie przekracza 50 ppm (Tablica IX, tab.4, fig. 8).

Cu – miedź. Miedź w osadach dennych warstwy powierzchniowej południowego Bałtyku występuje w ilości od 1 ppm w piaskach do 56 ppm w mułach. Największe obszary dna pokrywają piaski o zawartości miedzi mniejszej niż 10 ppm, tylko sporadycznie w piaskach występujących na obrzeżach basenów głębowodnych miedź może być obecna w większej ilości, maksymalnie do 22 ppm. Piaski muliste i muły piaszczyste zawierają najczęściej mniej niż 20 ppm Cu (83% próbek), a zawartość maksymalna osiąga 28 ppm. Największe ilości Cu zostały skoncentrowane w osadach mulistych, gdzie metal ten występuje przeważnie w ilości od 40 do 50 ppm (42% próbek). Największe obszary dna pokryte mułami zawierającymi podwyższoną ilość miedzi (od 50 do 56 ppm) występują w Basenie Gdańskim. W Basenach Gotlandzkim i Bornholmskim podobne ilości miedzi pojawiają się jedynie lokalnie, a w Rynnie Słupskiej nie stwierdzono zawartości wyższych niż 42 ppm (Tablica X, tab.4, fig. 9).

Fe – żelazo. Osady występujące na powierzchni dna południowego Bałtyku zawierają od 0,03 do 4,30% żelaza. Piaski charakteryzują się najczęściej mniejszą niż 0,50% zawartością Fe i na ogół jednak nie większą niż 1,00% (max. 1,19%). Piaski muliste i muły piaszczyste zawierają przeważnie nie więcej niż 2,00% tego metalu (83% próbek), a zawartość maksymalna dochodzi do 3,77%. Muły zawierają na ogół od 3,00 do 4,00% żelaza. Poziom nieco podwyższonych stężeń zaobserwowano w osadach niewielkich obszarów w środkowych częściach Basenów Gdańskiego (max. 4,04%) i Bornholmskiego (max. 4,30%) oraz przy północnej granicy polskiej strefy ekonomicznej w Basenie Gotlandzkim (max. 4,04%). Najniższą zawartość żelaza stwierdzono w mułach w Rynnie Słupskiej i w Zatoce Puckiej (Tablica XI, tab.4, fig. 10).

Mn – mangan. Mangan jest pierwiastkiem, który występuje w osadach południowego Bałtyku w najszerszym zakresie zawartości. W piaskach jest ona przeważnie niska, w 57% próbek nie przekracza 50 ppm, a w 31% próbek waha się od 50 do 100 ppm. Lokalnie, w strefie brzegowej w rejonach Świnoujścia, jeziora Jamno, Łeby i Gdyni występują też piaski zawierające od 100 do 200 ppm manganu. Podobne ilości manganu występują w piaskach na wschód od Ławicy Odrzanej i w rejonie

Ławicy Słupskiej. Najwyższe zawartości tego pierwiastka w piaskach, dochodzące do 1361 ppm, stwierdzono w zachodniej części Rynny Słupskiej i w obszarze pomiędzy Rynną Słupską a Basenem Gdańskim. W piaskach mulistych i mułach piaszczystych zawartość manganu mieści się w jeszcze szerszym zakresie, od 38 do 7640 ppm. W osadach tego typu granulometrycznego rozkład częstotliwości występowania Mn ma charakter polimodalny, bez wyraźnie zaznaczających się wartości dominujących. Mangan jest drugim (obok baru) metalem, którego najwyższe koncentracje występują nie w mułach, a w osadach piaszczysto-mulistych. Maksymalną ilość manganu zawierają osady tego typu we wschodniej części Rynny Słupskiej i na południowo-wschodnim krańcu Basenu Gotlandzkiego, gdzie spotyka się liczne nagromadzenia kongrecji Fe-Mn. Rozkład częstotliwości występowania manganu w mułach jest podobnie szeroki i polimodalny jak w piaskach mulistych i mułach piaszczystych. Zakres zawartości występowania Mn wynosi od 50 do 6135 ppm. W ilości podwyższonej (> 2000 ppm) składnik ten obecny jest w warstwie powierzchniowej mułów w Basenach Bornholmskim i Gotlandzkim oraz w Rynnie Słupskiej. Basen Gdański wyróżnia się niższymi zawartościami Mn, nie przekraczającymi 1195 ppm (Tablica XII, tab.4, fig. 11).

Ni – nikiel. Metal ten występuje w ilości od 1 ppm w piaskach do 50 ppm w mułach. Największe obszary dna pokrywają piaski o zawartości Ni od 1 do 5 ppm. Tylko w 2% próbek osadów tego typu granulometrycznego zawartość niklu przekroczyła 10 ppm. Zawartość maksymalna wynosi 14 ppm. Nieco większe zróżnicowanie w rozmieszczeniu Ni obserwuje się w piaskach mulistych i mułach piaszczystych, w których stwierdzono od 3 do 38 ppm. Przedział zawartości od 10 do 20 ppm charakteryzuje 57% badanych próbek piasków mulistych i mułów piaszczystych. W mułach, nikiel występuje najczęściej w ilości od 30 do 40 ppm, w przedziale tym mieści się 47% uzyskanych wyników. Muły, zawierające w warstwie powierzchniowej osadów podwyższone ilości Ni (od 40 do 50 ppm), zajmują największe powierzchnie dna w obrębie Basenu Bornholmskiego. W osadach mulistych najniższe ilości niklu stwierdzono w obrębie Rynny Słupskiej i Zatoki Puckiej (Tablica XIII, tab.4, fig. 12).

P – fosfor. W piaskach zawartość fosforu, nie przekracza 0,06, a najczęściej 0,03%. W piaskach mulistych i mułach piaszczystych ilość fosforu waha się w szerszym zakresie stężeń, od 0,02 do 0,26%, przy czym dominują wartości od 0,05 do 0,10%, stanowiące 50% uzyskanych wyników. Rozkład częstotliwości występowania fosforu w mułach jest wyraźnie przesunięty w kierunku wartości wyższych. Dominują wartości w przedziale 0,10-0,15% (40% wyników). Zawartość maksymalna wynosi 0,38%. Średnie zawartości fosforu i odchylenia standardowe są podobne we wszystkich obszarach występowania osadów mulistych. Wyróżnia się jedynie Basen Gdański, gdzie fosfor występuje lokalnie w ilościach większych niż w innych basenach (Tablica XIV, tab.4, fig. 13).

Pb – ołów. Piaski zawierają ołów w ilości od 5 do 21 ppm, najczęściej jednak od 5 do 10 ppm. Koncentracje nieco większe obecne są tylko na niewielkich obszarach piasków, w rejonie Gdyni, Ławicy Słupskiej i Ławicy Odrzanej. Piaski muliste i muły piaszczyste gromadzą od 5 do 57 ppm tego metalu. W około 70% próbek tych osadów stwierdzono od 10 do 30 ppm Pb. Muły odznaczają się szerokim zakresem zawartości ołowiu, od 8 do 106 ppm. Małe zawartości (do 30 ppm) stwierdzono w mułach

północno-zachodniej części Basenu Gdańskiego oraz północno-wschodniej części Rynny Słupskiej. W pozostałych obszarach, muły zawierają ołów w ilości większej niż 30 ppm, a w centralnych częściach wszystkich basenów sedimentacyjnych – ponad 60 ppm. Szczególnie wysoka zawartość Pb stwierdzona została w mułach Basenów Bornholmskiego (max. 106 ppm) i Gdańskiego (max. 92 ppm) (Tablica XV, tab. 4, fig. 14).

- **S – siarka.** Zawartość siarki w piaskach jest niska i mało zmienna. Najczęściej nie przekracza 0,100% i tylko w jednej próbce stwierdzono więcej niż 0,250%. Podobnie niska zawartość siarki występuje w piaskach mulistych i mułach piaszczystych, w których dla 83% próbek nie przekracza ona 0,250%, a maksymalny poziom osiąga 0,474%. Rozmieszczenie siarki w mułach jest bardziej zróżnicowane. W Zatokach Gdańskiej i Puckiej oraz na obrzeżach Rynny Słupskiej i Basenów Bornholmskiego i Gotlandzkiego, w warstwie powierzchniowej mułów jest od 0,029 do 0,500% siarki. W centralnych częściach Basenu Gotlandzkiego i Rynny Słupskiej zawartość siarki jest niska, nie przekracza 1,145% w pierwszym i 0,890% w drugim akwenu. Największe ilości siarki stwierdzono w Basenach Gdańskim i Bornholmskim, gdzie duże powierzchnie dna pokrywają muły zawierające od 0,750 do 1,250% tego pierwiastka, wartości większe: 1,958% w Basenie Bornholmskim i 1,820% w Basenie Gdańskim, stwierdzono tylko w pojedynczych próbkach (Tablica XVI, tab.4, fig. 15).

Sr – stront. Typowy zakres, w jakim występuje stront w piaskach, wynosi od 2 do 10 ppm. Lokalnie, w strefie brzegowej, w rejonie Świnoujścia, Dziwnowa, jezior Bukowo i Łebsko, jest go nieco więcej, od 10 do 20 ppm. Podwyższone koncentracje stwierdzono w piaskach w pobliżu jeziora Jamno i w zachodniej części Zatoki Gdańskiej (do 30 ppm), a zwłaszcza na redzie portu w Gdyni (do 50 ppm). Piaski muliste i muły piaszczyste charakteryzują się szerokim przedziałem zawartości strontu, od 8 do 74 ppm, z wyraźną dominacją zawartości 20-30 ppm (45% uzyskanych wyników). Podwyższona zawartość strontu w piaskach mulistych i mułach piaszczystych zaznacza się na wyniesieniach dna, wewnątrz Basenu Bornholmskiego i we wschodniej części Basenu Gotlandzkiego. W mułach warstwy powierzchniowej, stront występuje w ilości od 13 do 90 ppm. W ilości mniejszej niż 40 ppm stwierdzono Sr w mułach pokrywających dno na południowych obrzeżach Basenów Bornholmskiego i Gdańskiego, a także w północnej części Rynny Słupskiej i południowo-zachodnich obrzeżach Basenu Gotlandzkiego. Typowe, najczęściej spotykane ilości Sr (od 40 do 70 ppm) stwierdzono na dużych obszarach dna Basenów Bornholmskiego, Gotlandzkiego i Gdańskiego. W Rynnie Słupskiej występuje Sr na ogół w ilości nie przekraczającej 50 ppm. Podwyższone zawartości tego metalu (70–80 ppm) obecne są w trzech izolowanych rejonach Basenu Bornholmskiego, w Zatoce Puckiej oraz w czterech rejonach w Basenie Gdańskim i w dwóch w Basenie Gotlandzkim. Największe ilości strontu (80-90 ppm) stwierdzono w zachodniej części Basenu Gdańskiego i w południowej części Basenu Gotlandzkiego (Tablica XVII, tab.4, fig. 16).

V – wanad. Piaski zawierają wanad przeważnie w ilościach od 1 do 10 ppm i tylko miejscami, z dala od wybrzeża, w ilościach do 21 ppm. W piaskach mulistych i mułach piaszczystych wanad występuje w ilości od 20 do 40 ppm (54% próbek). Zawartości wyższe (do 80 ppm) stwierdzono w 28% próbek. Muły zawierają od 9 do 140 ppm wanadu. Małe ilości (<60 ppm) występują w południowych częściach

Basenów Bornholmskiego i Gdańskiego, zwłaszcza w Zatoce Gdańskiej oraz w Rynnie Słupskiej. Najwięcej wanadu zostało nagromadzone w powierzchniowej warstwie mułów w Basenie Bornholmskim, gdzie poniżej izobaty 70 m wanad występuje w ilościach od 80 do 108 ppm. Maksymalna koncentracja tego metalu, została stwierdzona w zachodniej części Basenu Gdańskiego (140 ppm). Występuje ona jednak tylko lokalnie na niewielkiej powierzchni. W pozostałej części Basenu Gdańskiego, zawartość wanadu nie przekracza 80 ppm (Tablica XVIII, tab.4, fig. 17).

Zn – cynk. W piaskach cynk występuje w ilości od 3 do 50 ppm. Powyżej 20 ppm tego metalu obserwowano jedynie w południowej części Zatoki Pomorskiej, w pobliżu jezior Jamno i Bukowo oraz w zachodniej części Zatoki Gdańskiej. Podobne koncentracje cynku występują też w piaskach zalegających na obrzeżach Basenów Bornholmskiego, Gdańskiego i Rynny Słupskiej. Piaski muliste i muły piaszczyste zawierają od 11 do 108 ppm Zn, a najczęściej od 20 do 100 ppm, bez wyraźnie zaznaczonych wartości dominujących. W mułach stosunkowo małe ilości cynku wahają się w zakresie od 40 do 120 ppm i występują na obrzeżach głębokowodnych basenów sedymentacyjnych oraz lokalnie – na wyniesieniach dna wewnątrz Basenu Bornholmskiego. Muły w Rynnie Słupskiej zawierają najczęściej od 100 do 157 ppm cynku. Większe ilości, do 182 ppm, występują w Basenie Gotlandzkim. Najwyższe zawartości cynku stwierdzono w Basenach Bornholmskim i Gdańskim, gdzie występują duże obszary dna pokryte mułami zawierającymi od 160 do 238 ppm Zn w pierwszym i od 160 do 259 ppm Zn w drugim basenie (Tablica XIX, tab.4, fig. 18).

TŁO GEOCHEMICZNE I WSPÓLCZYNNIKI WZBOGACENIA ANTROPOGENICZNEGO POWIERZCHNIOWEJ WARSTWY OSADÓW

Wzbogacenie powierzchniowej warstwy osadów w metale ciężkie i inne składniki chemiczne może być spowodowane ich naturalnymi cechami geochemicznymi lub oddziaływaniem antropogenicznym. Oszacowanie stopnia zanieczyszczenia warstwy powierzchniowej możliwe jest przez porównanie jej z warstwą odniesienia, tzw. tłem geochemicznym. Wyznaczenie położenia warstwy tła geochemicznego nie skażonego wpływami antropogenicznymi wymaga uwzględnienia wielu czynników naturalnych, takich jak: szybkość sedymentacji, zasięg mieszania osadów na skutek bioturbacji i oddziaływania prądów przydennych, szybkość i zasięg dyfuzji wód porowych. Naturalne procesy akumulacji osadów mogą być zakłócone przez działalność ludzką: rybołówstwo, żeglugę, działania militarne itp.

W Atlasie geochemicznym południowego Bałtyku charakterystykę tła geochemicznego przeprowadzono tylko dla mułów (tab. 4, fig. 1-18), biorąc pod uwagę muły leżące 18-20 cm poniżej powierzchni dna, w których C_{org} występuje w ilości większej niż 1,5% i wapń w ilości mniejszej niż 1%. Takie zawartości tych dwóch składników są typowe dla mułów deponowanych w południowym Bałtyku po transgresji atlantyckiej, czyli w ciągu ostatnich około 5,5 tys. lat. Nie wzięto pod uwagę, często występujących na tej głębokości, osadów starszych faz rozwojowych morza Bałtyckiego oraz osadów plejstocęńskich, reprezentujących odmienne środowiska sedymentacji.

Tabela 5
Table

Parametry statystyczne współczynników wzbogacenia (EF) w warstwie powierzchniowej mulów
Statistical parameters of enrichment factors (EF) in the surface layer of muds

Obszar Area	*)	EF Corg.	EF As	EF Ba	EF Ca	EF Cd	EF Co	EF Cr	EF Cu	EF Fe	EF Mn	EF Ni	EF P	EF Pb	EF S	EF Sr	EF V	EF Zn
Basen Bornholmski Bornholm Basin	x	1.2	0.9	1.3	1.1	1.2	1.2	1.1	1.3	1.0	1.8	1.1	1.3	2.8	0.7	1.2	1.0	1.9
	σ	0.4	0.6	1.4	0.3	0.4	0.3	0.1	0.3	0.3	2.0	0.3	0.3	1.7	0.4	0.3	0.1	0.6
	min.	0.4	0.1	0.8	0.4	0.4	0.4	0.8	0.5	0.5	0.3	0.4	0.6	0.7	0.2	0.6	0.9	0.7
	max.	2.9	2.5	8.7	2.1	2.7	2.2	1.4	2.7	2.4	9.6	2.2	2.1	7.3	2.1	2.4	1.2	4.7
	n	31	27	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	16
Rynna Słupska Słupsk Furrow	x	1.3	1.7	0.9	1.9	1.2	1.2	1.1	1.3	1.1	3.1	1.2	1.8	2.0	0.5	1.5	1.1	1.6
	σ	0.1	1.3	0.1	0.5	0.3	0.3	0.1	0.3	0.2	2.1	0.3	0.4	0.5	0.4	0.3	0.1	0.3
	min.	1.1	0.8	0.8	1.1	0.8	0.9	0.9	1.0	0.7	0.8	0.9	1.2	1.3	0.2	1.1	0.9	1.2
	max.	1.5	4.1	1.2	2.7	1.7	1.8	1.2	1.9	1.4	6.5	1.6	2.3	2.6	1.3	2.0	1.2	2.0
	n	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Basen Gotlandzki Gotland Basin	x	1.4	1.3	1.1	1.3	1.1	1.1	1.1	1.3	1.1	2.9	1.1	2.0	1.9	0.7	1.4	1.1	1.6
	σ	0.3	0.4	0.2	0.2	0.1	0.3	0.1	0.1	0.1	2.8	0.1	0.7	0.4	0.3	0.4	0.2	0.2
	min.	1.1	0.9	0.8	0.9	1.0	0.8	1.0	1.1	0.9	0.2	0.9	1.2	1.3	0.3	0.9	0.8	1.3
	max.	2.3	2.5	1.5	1.6	1.3	1.8	1.3	1.5	1.3	9.8	1.3	3.5	2.5	1.2	2.0	1.5	2.1
	n	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	10
Basen Gdański Gdańsk Basin	x	2.2	1.4	1.5	1.4	1.8	0.9	1.2	1.5	1.2	1.3	1.1	2.5	1.9	0.8	1.6	1.0	1.9
	σ	0.6	0.5	0.4	0.6	0.8	0.2	0.2	0.4	0.3	0.7	0.2	1.2	1.0	0.3	0.4	0.3	0.6
	min.	1.4	0.3	0.9	0.7	0.5	0.6	0.8	0.8	0.8	0.5	0.6	1.3	0.5	0.4	0.9	0.7	0.6
	max.	3.4	2.7	2.5	3.3	3.7	1.2	1.6	2.2	1.9	3.8	1.6	6.6	5.1	1.5	2.7	2.0	3.0
	n	22	23	22	22	23	23	24	24	24	23	24	22	24	22	22	22	22
Zatoka Pucka Puck Bay	x	4.0	3.1	3.1	4.0	3.1	2.2	2.0	2.1	1.5	2.3	1.4	4.9	2.8	0.9	3.1	2.8	3.0
	σ	1.4	1.3	1.8	1.5	1.3	1.5	0.4	0.8	0.4	1.3	0.1	1.5	1.3	0.3	0.9	2.0	0.9
	min.	3.0	1.3	0.6	1.5	1.6	0.5	1.7	1.1	1.0	0.6	1.2	3.1	1.1	0.6	1.6	1.1	1.6
	max.	6.4	4.6	5.7	5.4	5.1	4.5	2.6	3.4	2.0	4.2	1.6	7.3	4.6	1.3	4.0	6.2	3.9
	n	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Bałtyk Południowy Southern Baltic	x	1.7	1.3	1.4	1.4	1.5	1.1	1.2	1.4	1.1	1.9	1.1	2.0	2.3	0.7	1.5	1.2	1.9
	σ	0.9	0.9	1.1	0.9	0.8	0.5	0.3	0.4	0.3	1.9	0.2	1.2	1.3	0.4	0.6	0.7	0.7
	min.	0.4	0.1	0.6	0.4	0.4	0.4	0.8	0.5	0.5	0.2	0.4	0.6	0.5	0.2	0.6	0.7	0.6
	max.	6.4	4.6	8.7	5.4	5.1	4.5	2.6	3.4	2.4	9.8	2.2	7.3	7.3	2.1	4.0	6.2	4.7
	n	72.0	70.0	73.0	73.0	74.0	74.0	75.0	75.0	75.0	75.0	74.0	75.0	73.0	75.0	73.0	73.0	57.0

*) x - wartość średnia
mean value

σ - odchylenie standardowe
standard deviation

min. - wartość minimalna
minimum value

max. - wartość maksymalna
maximum value

n - liczba analiz
number of analyses

W centralnych częściach Basenów Bornholmskiego i Gdańskiego, przy szybkości sedymentacji wynoszącej od 1 do 2 mm/rok, warstwa mułów o miąższości 20 cm tworzy się w ciągu około 100-200 lat. Obserwacje makroskopowe i fotografie rentgenowskie rdzeni osadów wykazały, że współczesne procesy bioturbacyjne nie sięgają na ogół głębiej niż około 10 cm. Tak więc muły występujące na głębokości 18-20 cm poniżej powierzchni dna powstały przeważnie przed początkiem intensywnego rozwoju przemysłu w zlewisku Morza Bałtyckiego i nie powinny zawierać zanieczyszczeń antropogenicznych.

Zawartości badanych składników chemicznych są na ogół niższe w warstwie 18 - 20 cm niż w warstwie powierzchniowej 0-1 cm. Do wyjątków należą Al, Cr, Fe, S i V, które często występują w większej ilości w warstwie tła niż w warstwie powierzchniowej (tab. 4, fig. 1-18).

Miarą zanieczyszczenia osadów jest znormalizowany współczynnik wzbogacenia antropogenicznego (Enrichment Factor - EF). Współczynnik ten, znormalizowany względem Al, obliczono wg wzoru:

$$EF = \frac{C_{x(0-1cm)}}{C_{Al(0-1cm)}} \cdot \frac{C_{x(18-20cm)}}{C_{Al(18-20cm)}}$$

gdzie:

C_x - stężenie składnika chemicznego,

C_{Al} - stężenie Al (czynnik normalizujący).

Wartości współczynnika wzbogacenia obliczone dla mułów południowego Bałtyku (tab. 5) wskazują, że warstwa powierzchniowa wzbogacona jest niemal we wszystkie składniki, przy czym najczęściej i w największym stopniu w: Pb, P, Zn, Mn, $C_{org.}$. Lokalnie stwierdzono duże wzbogacenie ($EF > 3$) warstwy powierzchniowej mułów w Mn (Basen Bornholmski, Rynna Słupska, Basen Gotlandzki, Basen Gdański), Ba (Basen Bornholmski), As (Rynna Słupska), Cd i Ca (Basen Gdański). Na szczególną uwagę zasługuje Zatoka Pucka, gdzie lokalnie występują wartości $EF > 3$ dla większości badanych składników, poza Cr, Fe, Ni, S, dla których wartości EF są jednak również większe niż 1.

Najrzadziej, i w najmniejszym stopniu, występują wzbogacenia warstwy powierzchniowej mułów południowego Bałtyku w Cr, V, Co, Fe, Ni a zwłaszcza w S. Pierwiastki te bardzo często występują w większej ilości w warstwie 18 - 20 cm przyjętej jako tło geochemiczne.

PODSUMOWANIE

Bałtyk znajduje się pod silną presją procesów antropogenicznych. Przedstawione w Atlasie geochemicznym południowego Bałtyku dane powstały w wyniku jednolitego systemu opróbowania osadów i analizy chemicznej. Pozwoli to na oszacowanie stanu geochemicznego powierzchniowej warstwy osadów oraz określenie zmian jakie zaszły na skutek intensywnego rozwoju działalności gospodarczej w zlewisku Morza Bałtyckiego w okresie ostatnich 100 - 150 lat.

Do najbardziej zagrożonych obszarów, gdzie nastąpiły szczególnie duże zmiany, należą Baseny Bornholmski i Gdański (łącznie z Zatoką Pucką). W basenach tych, w powierzchniowej warstwie osadów, nastąpił wyraźny wzrost zawartości wielu pierwiastków, a zwłaszcza ołowiu i cynku. W Basenie Gdańskim występują wyraźne przejawy eutrofizacji wyrażające się większym niż w innych rejonach południowego Bałtyku wzbogaceniem warstwy powierzchniowej osadów w węgiel organiczny i fosfor. Niekorzystne zmiany, choć nie tak znaczne, wystąpiły również w Basenie Gotlandzkim i Rynnie Słupskiej. Poza obszarami akumulacji mułów niektóre metale występują w podwyższonym stężeniu lokalnie w strefie przybrzeżnej. Zanieczyszczenia osadów piaszczystych stwierdzono w Zatoce Pomorskiej (Zn, Mn, Sr), w pobliżu jezior Jamno i Bukowo (Zn, Mn, Sr), w rejonie Ustki (Cd), w rejonie Łeby (Mn) oraz w zachodniej części Zatoki Gdańskiej, szczególnie na redzie portu gdyńskiego (Pb, Zn, Cd, Mn, Sr).

INTRODUCTION

One of the negative effects of civilisation that has become a global problem is contamination of the environment. Its effects are especially visible in heavily industrialized and urbanized areas. The Baltic Sea basin is one such region. Over 140 million people live within its drainage area. As a result of their industrial, agricultural and communal activities, organic and inorganic waste contaminants, which contain heavy metals as well as other pollutants, penetrate into the sea. They collect in sea water, in suspended matter and in deposits on the sea floor. Toxic substances enter the food chain, and in that way become a danger to the health of animals and people.

In 1992, based on experience gained during the realization of the Geochemical Atlas of Warsaw (J. Lis, 1991) and of the Geochemical Atlas of Warsaw and Environs (J. Lis, 1992), the Polish Geological Institute started work on the 1:500,000 Geochemical Atlas of Poland, while the Branch of Marine Geology of PGI started work on the 1:500,000 Geochemical Atlas of the Southern Baltic. Investigations covered the 30,532 km² area of the Polish economic zone of the Baltic.

During 1991-1993, samples of bottom surface deposits were taken at 368 observation stations. Chemical investigations comprised the determination of total organic carbon (C_{org}), Al, As, Ba, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, P, Pb, S, Sr, V and Zn. Analysis of grain size distribution was also done. Investigations were carried out on sand and muddy sand samples from the top 0-5 cm layer and on sandy mud and mud samples from the top 0-1 cm layer, considered representative for the present geochemical condition of Southern Baltic deposits. In selected cores, vertical variability of content of investigated elements and parameters was analyzed, and the rate of sedimentation was tested using the ²¹⁰Pb method.

The following team of specialists has taken part in the realization of the project:

- sampling: P. Anolik, W. Jegliński, W. Prussak, Z. Rychter, J. Sochan, K. Sokołowski, T. Szczepańska, St. Uścińowicz, L. Zaleszkiewicz,
- preparation of samples: P. Anolik, J. Grzegorzewska, H. Jeglińska, K. Sokołowski,
- chemical analyses done under the leadership of P. Paślawski and K. Jakimowicz-Hnatyszak: A. Bellok, E. Górecka, A. Jaklewicz, I. Jaroń, M. Krupiński, J. Kucharzyk, B. Kudowska, D. Lech, M. Liszewska, T. Liszewski,
- grain size distribution analyses: H. Jeglińska, W. Rudeńska,
- data base and statistical processing: P. Anolik, K. Sokołowski, Sz. Uścińowicz,
- map processing in PC ARC/INFO: W. Jegliński.

SAMPLING

Observation squares of 100 km² were arranged in a regular grid; the sample in a given square was located within predominant granulometric type of deposit (Plate I). Samples were taken in the years 1991-1993. Geographic position of observation stations was determined with a ± 50 m accuracy, using GPS (Global Positioning System) navigation systems. Water depth was measured with Atlas-Deso 20 and Honeywell-Elac LAZ 4700 echosounders, with an accuracy of 0.5 m.

Muds and sandy muds were sampled using Niemistö gravity corers, from which 80 cm cores with undisturbed structure were obtained, and Kajak type corers with which up to 26 cm long cores could be taken. Internal diameters of the corers were 4.8 and 7.8 cm respectively. Deposits from the top 0-6 cm layer were divided into 1 cm samples, deposits from 6-20 cm depth into 2 cm samples, and below 20 cm into 5 cm samples. The samples were placed in airtight plastic boxes, frozen and stored at -20°C. Normally, at each observation station 2 cores were taken to ensure enough material for the analyses. Sand and muddy sand deposits were sampled with a Van Veen sampler, with which material from an area of about 0.2 m² can be collected. In such deposits, samples were taken from the top 0-5 cm layer. Remains of shells, plants and Fe-Mn concretions or their fragments found in the deposits were separated.

PREPARATION OF SAMPLES AND METHODS OF ANALYSIS

Samples were divided into two parts, of which one was granulometrically analyzed, and the other was prepared for chemical analysis. After removing organic matter with perhydrol, grain size analysis of muds, sandy muds and muddy sands was performed on an Analysette 22 laser particle sizer and on a Sartorius sedimentation balance. Grain size composition of sands was established using a set of sieves with 1 ϕ unit spacing. A separate portion of the sand was let through a 0.2 mm nylon sieve, and in that way an about 2 g sample was obtained for chemical analysis. Chemical analyses were made at the Central Chemical Laboratory of the Polish Geological Institute in Warsaw. Grain size analyses were carried out at the laboratory of the Branch of Marine Geology of PGI at Sopot.

After drying at room temperature and powdering, the samples were allowed to dissolve for 30 minutes in HNO₃ 1+1 in the MDS-81D microwave device. Determination of Al, As, Ba, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, P, Pb, S, Sr, V and Zn content was carried out mainly using the ICP method with emission spectrometer PV8060 and plasma excitation and using the flame atomic absorption method with spectrometers PU-9100X and SP9-800. Correctness of the analytic methods was checked by analyzing international reference samples (E. Górecka et al. 1993) and through interlaboratory comparisons carried out at Warsaw University and at the Institute of Oceanology of the Polish Academy of Sciences.

Total content of organic carbon (C_{org}) was determined by modified coulometric method, using a Coulomat 702 apparatus.

Precision of analytic methods is defined by the relative standard deviation from arithmetic mean (RSD) (Tab. 1).

$$\text{RSD} = \frac{1}{\bar{x}} \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n(n-1)}} \cdot 100\%$$

where: n - number of measurements (equal to 11),
 x_i - individual results,
 \bar{x} - arithmetic mean of the results.

Determination of the sedimentation rate of muddy deposits was made at the Institute of Oceanology of the Polish Academy of Sciences at Sopot, using the lead method. ^{210}Pb activity was measured in an α spectrometer, using a semiconductor Si/Li detector.

STATISTICAL ANALYSIS AND CONSTRUCTION OF GEOCHEMICAL MAPS

Results of analyses and measurements were collected in a database using the Fox-Pro program; statistical analysis was carried out which comprised:

- calculation of coefficients of correlation between the contents of each chemical component in the surface layer of deposits (Tab. 2),
- plotting content of each chemical component in bottom surface layer versus water depth,
- plotting content of each chemical component in bottom surface layer versus content of <0.063 mm fraction,
- calculation of frequency distributions, arithmetic means, standard deviations, maximum values and minimum values of content of chemical components in bottom surface layer for the following types of deposits: sand, muddy sand and sandy mud (taken together), muds; these calculations were also made for mud from the 18-20 cm layer (Figs. 1-18),
- calculation of statistical parameters of chemical component content in the 0-1 cm surface layer and in the 18-20 cm layer of muds for each of the Southern Baltic basins.

This statistical analysis allowed determination of basic regularities in the occurrence of each of the chemical components, both in the surface layer of deposits and in vertical profile.

Results of chemical analyses are shown in 18 monoelement geochemical maps, (Plates II - XIX). They show the distribution of content of investigated components on the background of bathymetry and of deposit grain sizes. For topography, a 1:500,000 Gauss-Krüger projection map in the Borowa Góra system is used.

From among the deposits occurring on the sea floor surface, based on the ratio of content of sandy fraction (>0.063 mm) to content of muddy fraction (<0.063 mm), the following sediment types were distinguished:

- sand (content of >0.063 mm fraction higher than 75%),
- muddy sand and sandy mud (content of >0.063 mm fraction 75-25%, with the <0.063 mm fraction content equal to 25-75%),
- mud (content of <0.063 mm fraction higher than 75%).

The areas of occurrence of each type of deposit was determined from earlier investigations (1:200,000 Geological Map of the Baltic Sea Bottom), taking into account results of grain size analyses of samples taken for the geochemical investigations.

Lines of equal content of each chemical component in the surface layer of deposits were drawn using principles of interpolation, but taking into account the significant relationships between their content, granulometry of the deposits, and water depth. All information contained in the maps was digitized using the PC ARC/INFO program.

ENVIRONMENT AND SEDIMENTATION PROCESSES IN THE SOUTHERN BALTIC

The Baltic is a shallow, nontidal intracontinental sea, with a narrow and rather shallow connection with the Atlantic Ocean through the Danish Straights (K. Łomniewski et al. 1975). There are several deep water areas in the Polish part of Southern Baltic, such as the southern part of Bornholm Basin (max. depth 95m), the Słupsk Furrow (max. depth 91m), southern part of Gotland Basin (max. depth 120m) and western part of Gdańsk Basin (max. depth 107m). The basins are separated from each other by sills and bottom elevations. Around the deep water basins there are shallow water areas where bottom elevations appear, such as Odra Bank, Słupsk Bank and South Middle Bank.

An important feature of Baltic waters is their thermohaline stratification. The upper layer is characterized by salinity of about 7.5-8.0‰ in Bornholm Basin to 7.0‰ in Gdańsk Basin and by seasonal changes of temperature. The lower water layer is characterized by a stable temperature of 3-4°C. In the Southern Baltic area, the upper boundary of the lower, isothermal layer is formed at the 8‰ isohaline. In Bornholm Basin, the 8‰ isohaline lies at a depth of about 45-50 m, in Słupsk Furrow at 50-60 m, in Gdańsk Basin at 60-80 m, and in the southern part of Gotland Basin at about 70-80 m. The upper part of the salt layer is characterized by a quick increase of salinity (the so-called halocline). Salinity of water below the halocline is about 15-16‰ in Bornholm Basin, 12.5-13‰ in Słupsk Furrow, and 11-12‰ in Gdańsk Basin and the southern part part of Gotland Basin (K. Łomniewski et al. 1975; B. Cyberska, 1987; A. Majewski, 1987).

Variability of oxygen content is connected with stratification of the Baltic waters. Above the halocline, saturation varies from 100% at the sea surface to 70% in deeper layers. Within the halocline, oxygen content is strongly variable, but below the halocline saturation is less than 20%. In the Bornholm and Gdańsk Basins, periodically anaerobic conditions occur near the bottom. At the beginning of the seventies, presence of hydrogen sulphide was recorded for the first time near the bottom of the

Bornholm and Gdańsk Basins. Since then the stagnative state has been present nearly all the time, especially in the Gdańsk Basin (A. Majewski, 1987). No anaerobic conditions have yet been recorded in the near bottom waters of Słupsk Furrow or of the southern part of Gotland Basin.

Temperature and salinity distributions determine the water density, which is one of the most important physical properties. In the period from May to November there is a shallow water density jump (pycnocline) occurring at the summer thermocline. As summer passes, the thermocline position becomes lower, starting at 10 m in May and reaching 30-40 m in October/November, and finally it disappears in late autumn. The deep water density jump is related to the halocline and shows no seasonal variability; it is, however, dependent on advection of inflowing deep sea water masses.

Processes of marine erosion, occurring in the coastal zone, are of basic importance to the balance of sediments supplied to the Southern Baltic. Of special significance is the erosion of cliffs which are built mainly of Pleistocene sand and till. River transport is an important source of sediments; its role is especially significant in the Gdańsk Basin area. An important source of sediments in Gdańsk Basin is also the suspended material coming from amber mines on the Sambian Peninsula (E. Emelyanov, K. Wypych 1987).

Under the influence of wave and current action, sediments in the coastal zone are subjected to processes of selection and transport. Distribution of each type of sediment on the sea floor depends on the average long-term energy levels in the marine environment. In the Baltic Sea, zonal distribution of near-bottom energy of water masses is predominantly under the influence of constant density stratification and of waves and currents, especially during storms.

Sandy deposits cover the sea bottom down to the depth at which the pycnocline occurs. Dynamic processes, occurring in the isohaline water layer above the pycnocline, make permanent deposition of mud in these areas impossible. Normally, content of material finer than 0.063 mm is smaller than 0.5%. At depths at which the influence of storm waves and currents is felt, sandy deposits are often reworked. In this zone occur deposits of various grain size, from gravel to fine sand. Deeper, outside the zone of influence of storm waves, mainly well sorted fine sands are present.

In the zone where the pycnocline contacts the sea bottom mainly muddy sands and sandy muds occur. Sand, often with an addition of gravel and Fe-Mn concretions appears in the pycnocline zone on bottom elevations and sills separating Bornholm Basin from Słupsk Furrow and between Gdańsk Basin, Gotland Basin and Słupsk Furrow. Deposits present in the zone of contact of the pycnocline with the sea bottom are generated with participation of complicated and little known hydro- and lithodynamic processes. In this zone, quiet and stagnative periods alternate with periods of relatively high dynamics connected with internal waves.

Muddy deposits are present below the pycnocline. They are deposited from suspension, and sedimentation rate depends on the amount of suspended matter and on dynamic conditions in the near-bottom water layer. The rate of muddy deposit sedimentation varies in the Southern Baltic from 0.13 mm/year to 2.92 mm/year (J. Pempkowiak, 1993). Most often, the rate is within 1-2 mm/year (B. Winterhalter et al., 1981; V. Kuptsov et al., 1984; M. Perttilä, L. Brüggman, 1992; J. Walkusz et al.

1992; T. Szczepańska, J. Pempkowiak, 1994). Similar sedimentation rates were obtained in this work (Tab. 3). Rates of sedimentation are higher in the central parts of the basins, and decrease towards their edges and on local bottom elevations within the basins, where the thickness of mud deposits may be just several centimetres.

GEOCHEMICAL MAPS OF DEPOSITS

Distribution of elements in bottom deposits depends very clearly on granulometry (Fig. 1-18). Metals, organic carbon, sulphur and phosphorus concentrate in the finer than 0.063 mm fraction, and similarly to metal content, the amount of this fraction grows with water depth, especially quickly below the pycnocline level. There are many regional and local deflections from this general relationship, resulting both from the location of natural and artificial sources of nourishment for each of the elements, and from the variability of environmental conditions of the sea, such as current circulation patterns or differences in oxygen content in the near-bottom water masses.

C_{org} – organic carbon. Content of organic carbon in sands is very small, below 1%. This component occurs in slightly larger amounts in muddy sand and sandy mud, where in 47% of samples its content was higher than 1%, with a maximum of 4.28%. Organic carbon concentrates mainly in mud. Its highest content is in muds of the Gdańsk Basin, its lowest in Słupsk Furrow muds (Plate II, Tab. 4, Fig. 1).

Al – aluminum. Content of aluminum in the surface layer of deposits is between 0.04% and 3.97%. In sand its content varies only slightly and does not exceed 1%. In muddy sand and sandy mud, aluminum is present in larger amounts; in 43% of the samples, aluminum content is below 1%, in 45% of samples it is between 1 and 2%. In muds the content is most often 2 to 4% (76% of samples). In this respect attention is drawn to Bornholm Basin muds, covering the largest areas of sea floor and containing 3 to 4% aluminum. The smallest aluminum content in the surface layer of muds is in Słupsk Furrow and Puck Bay (Plate III, Tab. 4, Fig. 2).

As – arsenic. Arsenic occurs in sand in amounts smaller than 5 ppm, i.e., below the level of determination by the analytical method used. Content of this metal in sandy mud and muddy sand is normally between 5 and 15 ppm (85% of samples). In the surface layer of muds, arsenic most often collects in amounts of 15 to 29 ppm (51% of samples). Maximum content, 29 ppm, was found near Bornholm in Bornholm Basin muds. High arsenic proportion (>20 ppm) was observed locally in Gotland Basin and Gdańsk Basin, near the eastern boundary of the Polish economic zone. Lowest concentrations of arsenic occur in the surface layer of muds in Słupsk Furrow and Puck Bay (Plate IV, Tab. 4, Fig. 3).

Ba – barium. Barium appears in the surface layer of sands most often in concentrations from 2 to 50 ppm (94% of samples). Concentrations of 50 to 100 ppm predominate in muddy sands and sandy muds, though in some places much larger amounts occur - maximum 510 ppm. The surface layer of muds most often contains 100 to 200 ppm of barium (67% of samples), with a maximum of 460 ppm found in Gdańsk Basin. High barium content (250-314 ppm) occurs locally in the surface layer of muds in Gotland Basin. Maximum Ba content is in sandy muds in the transient area

between Gdańsk Basin and Gotland Basin. Low content, in the range of 50-150 ppm, was observed in Słupsk Furrow, Gdańsk Bay and Puck Bay muds (Plate V, Tab. 4, Fig. 4).

Ca – calcium. Calcium content in sand is 0.02 to 0.46%, and most often it is less than 0.20% (87% of samples). Higher values, in the 0.20-0.46% range, were observed only locally, and they are connected with nearby river outlets and cliff coasts (coastal zone) or with nearby Pleistocene outcrops, also with small shell particles of diameter <0.2 mm, occurring in the deposit. In muddy sand and sandy mud, calcium content is mainly 0.20 to 0.40% (50% of samples), with a maximum of 0.62%. Generally, calcium content in the surface layer of muds is higher than 0.40%, maximum 0.90%. Highest amounts of calcium are in surface layer muds in Gdańsk Bay and Puck Bay (which form the southern part of Gdańsk Basin), and locally on small areas in Gotland Basin (Plate VI, Tab. 4, Fig. 5).

Cd – cadmium. Cadmium content in bottom surface deposits of the Southern Baltic is low, in most cases at the boundary of determination of the analytical method used, i.e., it is lower than 1 ppm. Highest contents of Cd, of 2.0-2.5 ppm, were observed locally in the surface layer of muds in Gdańsk Basin (Plate VII, Tab. 4, Fig. 6).

Co – cobalt. Sands have a rather small cobalt content, generally not exceeding 5 ppm. It is also small in muddy sand and sandy mud: in 79% of samples it does not exceed 10 ppm, and maximum content reaches 18 ppm. A distinct increase of Co content occurs in muds, where it normally is between 10 and 24 ppm. Highest cobalt content, 20-24 ppm, occurs over large areas of Bornholm Basin. Similar contents also occur in a few small areas in Słupsk Trough and Gotland Basin. Mud of the bottom surface layer of the Gdańsk Bay and Puck Bay have relatively low percentages of cobalt, not exceeding 10 ppm (Plate VIII, Tab. 4, Fig. 7).

Cr – chromium. Chromium in sands as a rule does not exceed 10 ppm; only in 5% of samples is the content higher, with a maximum of 33 ppm. Muddy sands and sandy muds are characterized by an only slightly wider range of chromium percentages. Maximum value is 54 ppm, most often content is in the 10-30 ppm range. Mud normally contain 40-70 ppm, and average content in mud deposits of Bornholm, Gotland and Gdańsk Basins is nearly the same, and is equal to 52-53 ppm. Increased chromium content (50-70 ppm) was found in the bottom surface layer of muds in Gdańsk and Bornholm Basins. Deposits containing Cr in such amounts take up larger areas of Bornholm Basin than Gdańsk Basin. Smallest amounts of chromium are in Słupsk Furrow muds, where concentration of the metal does not exceed 50 ppm (Plate IX, Tab. 4, Fig. 8).

Cu – copper. Copper occurs in South Baltic deposits of the bottom surface layer in concentrations from 1 ppm in sands to 56 ppm in muds. The largest areas of sea floor are covered by sands with copper content less than 10 ppm. Only occasionally, in sands at the edges of deep water basins, Cu presence may reach a maximum of 22 ppm. Most often, muddy sands and sandy muds contain less than 20 ppm of Cu (83% of samples), with a maximum of 28 ppm. The largest amounts of copper are concentrated in muddy deposits, where the metal occurs mostly in the 40-50 ppm range of concentration (42% of samples). The largest areas of bottom covered by mud containing increased amounts of copper (50-56 ppm) are in Gdańsk Basin. Similar

copper concentrations appear only locally in Gotland and Bornholm Basins. In Słupsk Furrow, contents higher than 42 ppm were not observed (Plate X, Tab. 4, Fig. 9).

Fe – iron. Deposits occurring on the surface of the Southern Baltic sea floor contain from 0.03 to 4.30% of iron. Content in sands is most often below 0.50%, and generally below 1% (maximum 1.15%). Muddy sands and sandy muds generally contain less than 2% of the metal (83% of samples), with maximum content reaching 3.77%. In muds there is 3 to 4% of iron. Slightly higher concentrations were found in the deposits of small areas at the center of Gdańsk Basin (max. 4.64%), Bornholm Basin (max. 4.30%), and near the north boundary of the Polish economic zone in Gotland Basin (max. 4.64%). Lowest content of iron was observed in muds of Słupsk Furrow and Puck Bay (Plate XI, Tab. 4, Fig. 10).

Mn – manganese. Manganese is the element which in Southern Baltic deposits occurs in the widest range of concentrations. As a rule it is low in sands; in 57% of the samples content does not exceed 50 ppm, and in 31% of the samples it is between 50 and 100 ppm. Locally, in the coastal zone near Świnoujście, Lake Jamno, Łeba and Gdynia, there are sands containing 100-200 ppm of manganese. Similar amounts of manganese occur in sands east of Odra Bank and in the area of Słupsk Bank. Highest manganese content in sand, reaching 1361 ppm, was found in the western part of Słupsk Furrow, and in the area between Słupsk Furrow and Gdańsk Basin. The range of manganese content in muddy sands and sandy muds is even wider, from 38 to 7640 ppm. Frequency distribution of Mn occurrence in this type of deposit is of polymodal character, without distinct dominating values. Apart of barium, manganese is the only other metal whose highest concentrations occur in sand/mud deposits rather than muds. The largest amounts of manganese are in this type of deposit in the eastern part of Słupsk Furrow and southeastern edge of Gotland Basin, where numerous Fe-Mn concretions are found. Frequency distribution of Mn in muds is equally wide and polymodal as in sandy muds and muddy sands. The range of Mn content is from 50 to 6135 ppm. In high concentrations (>2000 ppm) manganese appears in the surface layer of muds in Bornholm and Gotland Basins and in Słupsk Furrow. Gdańsk Basin is distinguished by visibly lower Mn content, not exceeding 1195 ppm (Plate XII, Tab. 4, Fig. 11).

Ni – nickel. This metal occurs in amounts ranging from 1 ppm in sands to 50 ppm in muds. Most of the sea floor is covered by sand containing from 1 to 5 ppm Ni. Only in 2% of deposit samples of this granulometric type did nickel content exceed 10 ppm. Maximum value was 14 ppm. Slightly larger differentiation in Ni distribution is observed in muddy sand and sandy mud, ranging from 3 to 38 ppm. The 10-20 ppm range characterizes 57% of tested muddy sand and sandy mud samples. In muds, nickel occurs most often in 30-40 ppm concentrations (47% of obtained results). Mud with increased amounts of Ni (40-50 ppm), take up the largest areas of sea floor in Bornholm Basin. Lowest concentrations of nickel are in Słupsk Furrow and Puck Bay (Plate XIII, Tab. 4, Fig. 12).

P – phosphorus. Phosphorus content in sands does not exceed 0.06%, and most often it is below 0.03%. In muddy sands and sandy muds, phosphorus concentration varies from 0.02 to 0.26%, with domination of values in the 0.05-0.10% range (50% of obtained results). The frequency distribution for phosphorus in muds is markedly shifted towards higher values. Values from the 0.10-0.15% range predominate (40% of

results). Maximum content is 0.38%. Mean phosphorus contents and standard deviations are similar for all areas of occurrence of muddy deposits. Only Gdańsk Basin is different - locally, phosphorus occurs here in larger amounts than in the other basins (Plate XIV, Tab. 4, Fig. 13).

Pb - lead. Sands contain lead in amounts of 5 to 21 ppm, most often 5 to 10 ppm. Slightly higher concentrations appear on small areas of sand in the regions of Gdynia, Słupsk Bank and Odra Bank. Muddy sands and sandy muds collect 5 to 57 ppm of this metal. In about 70% of samples of these deposits 10 to 30 ppm of Pb was found. Muds are characterized by a wide range of lead content - from 8 to 106 ppm. Low contents (less than 30 ppm) were found in muds of the northwestern part of Gdańsk Basin, and in the northeastern part of Słupsk Furrow. In remaining areas, lead concentrations in muds exceed 30 ppm, and in central parts of all sedimentation basins they are over 60 ppm. Especially high Pb concentrations were found in muds of Bornholm Basin (max. 106 ppm) and Gdańsk Basin (max. 92 ppm) (Plate XV, Tab. 4, Fig. 14).

S - sulphur. Content of sulphur in sands is low and nearly stable. In most cases it does not exceed 0.100%, only in one sample was there more than 0.250%. Similarly, sulphur content is low in muddy sands and sandy muds, in 83% of samples it does not exceed 0.250%, and maximum value is 0.474%. Distribution of sulphur in muds is more variable. In Gdańsk Bay, Puck Bay and on the edges of Słupsk Furrow, Bornholm Basin and Gotland Basin, there is 0.030 to 0.500% of sulphur in the surface layer of mud. Sulphur content is also low in the central part of Gotland Basin, and especially in Słupsk Furrow: it does not exceed 1.145% in the first basin and 0.890% in the second. Highest amounts of sulphur were found in the Gdańsk and Bornholm Basins, where large areas of the bottom are covered by muds containing 0.750 to 1.250% of this element. Higher values, 1.958% in Bornholm Basin and 1.820% in Gdańsk Basin, were found only in a few samples (Plate XVI, Tab. 4, Fig. 15).

Sr - strontium. Typical range of strontium concentrations in sands is 2-10 ppm. Locally in the coastal zone, in the areas of Świnoujście, Dziwnów, Lake Bukowo and Lake Łebsko its content is slightly higher: 10-20 ppm. Visibly increased concentrations were found in sands near Lake Jamno and in the western part of Gdańsk Bay (up to 30 ppm), and especially in the shipping lanes of Gdynia harbour (up to 50 ppm). Muddy sands and sandy muds are characterized by a wide range of strontium content, from 8 to 74 ppm, with a distinct domination in the 20-30 ppm range (45% of obtained results). High Sr contents in muddy sands and sandy muds were found on bottom elevations within Bornholm Basin and in the eastern part of Gotland Basin. In muds, strontium occurs in amounts ranging from 13 to 90 ppm. Concentrations below 40 ppm are in muds covering the bottom along the southern edges of Bornholm and Gdańsk Basins, in the north part of Słupsk Furrow, and along the southwestern edges of Gotland Basin. Typical Sr concentrations (40-70 ppm) were observed on large areas of sea floor in Bornholm, Gotland and Gdańsk Basins. In the Słupsk Trough, as a rule, Sr content does not exceed 50 ppm. Increased content of this metal (70-80 ppm) is in three isolated areas of Bornholm Basin, in Puck Bay, in four areas of Gdańsk Basin, and in two areas of Gotland Basin. Highest amounts of strontium (80-90 ppm) were found in the western part of Gdańsk Basin and in the southern part of Gotland Basin (Plate XVII, Tab. 4, Fig. 16).

V – vanadium. Generally, vanadium occurs in sands in concentrations of 1 to 10 ppm, only in some places far from the coast is concentration up to 21 ppm. In muddy sands and sandy muds, vanadium occurs in 20-40 ppm concentrations (54% of samples). Higher content (up to 80 ppm) was found in 28% of the samples. Muds contain 9 to 140 ppm of vanadium. Low amounts (less than 60 ppm) occur in southern parts of Bornholm and Gdańsk Basins, especially in Gdańsk Bay, and in Słupsk Furrow. The largest amounts of vanadium accumulated in the surface layer of muds in Bornholm Basin, where below 70 m water depth vanadium concentrations are between 80 and 108 ppm. Maximum concentration of this metal (140 ppm) was found in the western part of Gdańsk Basin. However, it occurs only locally, in a small area. In the remaining part of Gdańsk Basin vanadium content is below 80 ppm (Plate XVIII, Tab. 4, Fig. 17).

Zn – zinc. In sands, zinc occurs in concentrations of 3 to 50 ppm. More than 20 ppm of this metal is present in the southern part of Pommeranian Bay, near Lakes Jamno and Bukowo, and in the western part of Gdańsk Bay. Similar zinc concentrations occur in sands around the edges of Bornholm and Gdańsk Basins and of Słupsk Furrow. Muddy sands and sandy muds contain 11 to 108 ppm of Zn, most often 20 to 100 ppm, without any distinctly dominating values. In muds, zinc in concentrations of 40 to 120 ppm occurs mainly around the edges of deep water sedimentation basins, and locally on bottom elevations in Bornholm Basin. Muds in Słupsk Trough most often contain 100 to 157 ppm of zinc. Slightly higher amounts, up to 182 ppm, occur in Gotland Basin. Largest zinc concentrations were found in Bornholm and Gdańsk Basins, where large areas of sea floor are covered with mud containing respectively 160-238 ppm and 160-259 ppm of zinc (Plate XIX, Tab. 4, Fig. 18).

GEOCHEMICAL BACKGROUND AND ANTHROPOGENIC ENRICHMENT FACTORS OF SURFACE LAYER DEPOSITS

Enrichment of the surface layer of deposits by heavy metals and other chemical components may result from their natural geochemical properties or from anthropogenic influences. Evaluation of the degree of contamination of the bottom surface layer can be done by comparing it with a reference layer, the so-called geochemical background. In order to determine the position of the geochemical background layer, which should not be distorted by anthropogenic influences, many natural factors should be taken into account, such as: rate of sedimentation, depth of mixing of sediments caused by bioturbation and near-bottom current action, and rate and range of pore water diffusion. Natural processes of sediment accumulation may be disturbed by human activity: fishing, shipping, military, etc. activities.

In the Geochemical Atlas of the Southern Baltic, geochemical background is characterized for muds only (Tab. 4, Fig. 1-18). Muds lying 18-20 cm below the bottom surface were considered, in which C_{org} percentage is higher than 1.5% and calcium percentage is lower than 1%. Such contents of these two components are typical for muds deposited in the Southern Baltic after the Atlantic transgression, i.e., during the last ca. 5,500 years. Deposits of older phases of Baltic development and

Pleistocene deposits, which often are present at that depth below the bottom surface, were not considered since they represent different sedimentation environments.

In the central parts of Bornholm and Gdańsk Basins, at sedimentation rates of 1 to 2 mm/year, a 20 cm layer of mud is formed during 100-200 years. Macroscopic observations and X-ray photographs of cores showed that contemporary bioturbation processes as a rule do not reach deeper than ca. 10 cm. Therefore muds at 18-20 cm depth below the sediment water interface should have been generated before the beginning of intense industrial development in the Baltic Sea drainage area, and are free of anthropogenic contamination.

Generally, contents of investigated chemical components are lower in the 18-20 cm layer than in the surface layer (0-1 cm). Al, Cr, Fe, S and V are an exception, because they often occur in larger amounts in the background layer than in the surface layer (Tab. 4, Fig. 1-18).

Standardized factors of anthropogenic enrichment (Enrichment Factors - EF) are a measure of deposit contamination. These factors, standardized with respect to Al, were calculated using the formula:

$$EF = \frac{C_{x(0-1cm)}}{C_{Al(0-1cm)}} \cdot \frac{C_{Al(18-20cm)}}{C_{x(18-20cm)}}$$

where: C_x - concentration of chemical component,
 C_{Al} - concentration of Al (standardizing element).

Values of enrichment factors calculated for the Southern Baltic (Tab. 5), indicate that the surface layer is enriched in nearly all components, especially in Pb, P, Zn, Mn and C_{org} . Locally, the surface layer of muds is strongly enriched ($EF > 3$) in Mn (Bornholm Basin, Słupsk Furrow, Gotland Basin, Gdańsk Basin), Ba (Bornholm Basin), As (Słupsk Furrow), Cd and Ca (Gdańsk Basin). In this respect, special attention should be given to Puck Bay, in which local values of $EF > 3$ occur for all the investigated components except Cr, Fe, Ni and S, which nevertheless have EF values larger than 1.

Most rare and smallest is surface layer enrichment of Southern Baltic muds with Cr, V, Co, Fe, Ni and especially with S. Very often these elements occur in large amounts in the assumed geochemical background layer at 18-20 cm depth.

SUMMARY

The Baltic Sea is under strong influence of anthropogenic processes. Data presented in the Geochemical Atlas of the Southern Baltic were obtained using a uniform system of sampling and chemical analysis. This allowed evaluation of the geochemical state of the surface layer of deposits, and to determine the changes caused by intense development of economic activity in the Baltic Sea drainage area, i.e., during the last 100-150 years.

The most endangered areas, in which exceptionally large changes have occurred, include Bornholm Basin and Gdańsk Basin (including Puck Bay). In the surface layer

of deposits in these basins, content of many elements - especially lead and zinc - has markedly increased. In Gdańsk Basin, visible symptoms of eutrophication are present in the form of enrichment of bottom surface deposits with organic carbon and phosphorus. Negative, though smaller, changes have appeared in Gotland Basin and Słupsk Furrow. Outside areas of mud accumulation, higher concentrations of some metals appear locally in the coastal zone. Contaminated sandy deposits have been found in Pommeranian Bay (Zn, Mn, Sr), near Lakes Jamno and Bukowo (Zn, Mn, Sr), in the regions of Ustka (Cd) and Łeba (Mn), and in the western part of Gdańsk Bay, especially in the shipping lanes of the port in Gdynia (Pb, Zn, Cd, Mn, Sr).

LITERATURA – REFERENCES

- CYBERSKA B., 1987 – Charakterystyka warunków fizycznych i chemicznych w polskiej strefie Bałtyku – temperatura i zasolenie, Warunki środowiskowe polskiej strefy południowego Bałtyku w 1986 roku. IMGW, Mat. Oddz. Morskiego, Gdynia.
- EMELYANOV E.M., WYPYCH K. (red.), 1987 – Procesy osadkonakopienia w Gdańskim Basenie (Bałtyjskoje Morie). Akademia Nauk ZSRR, Moskwa.
- GÓRECKA E., HNATYSZAK K., PASŁAWSKI P., 1993 – Metody analityczne zastosowane w Centralnym Laboratorium Chemicznym przy opracowywaniu atlasów geochemicznych. *Prz. Geol.*, 10, s. 719-721. Wyd. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- KUPTSOV V., ZELDINA B., IWANOWA T., 1984 – Skorost sedimentacji sówremiennych osadków Bałtyjskiego morija, Geologiczeskaja istoria i geochimia Bałtyjskiego morija, red. A. Lisycyn, Nauka, Moskwa.
- LIS J., 1991 – Atlas geochemiczny Warszawy 1:100.000. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- LIS J., 1992 – Atlas geochemiczny Warszawy i okolic 1:100.000. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- ŁOMNIEWSKI K., MAŃKOWSKI W., ZALEWSKI J., 1975 – Morze Bałtyckie. PWN, Warszawa.
- MAJEWSKI A., 1987 – Charakterystyka wód. Bałtyk Południowy, red. B. Bugustowski. GTN, PAN, Gdańsk.
- MAPA GEOLOGICZNA DNA BAŁTYKU, 1:200 000, red. J. E. Mojski, 1989–1994, Państw. Inst. Geol., PP Wyd. Geolog., PAE S.A. Warszawa.
- PEMPKOWIAK J., 1992 – Enrichment factor of heavy metals in the Southern Baltic surface sediments dated with Pb-210, Cs-137 and Cs-134. *Envir. Inter.*, 17, (5) p. 421-428. Pergamon Press. U.S.A.
- PERTTILÄ M., BRÜGMANN L., 1992 – Review of contaminants in Baltic sediments. *Cooperative research report* No 180, ICES, Copenhagen.
- SZCZEPAŃSKA T., PEMPKOWIAK J., 1994 – Some problems with evaluation of the anthropogenic enrichment factors of heavy metals in the baltic surface sediments. Third Marine Geological Conference, 21-24 September, Sopot, (in press).

WALKUSZ J., ROMAN S., PEMPKOWIAK J., 1992 – Contamination of the Southern Baltic surface sediments with heavy metals. *Biul. MIR*, 1(125), p.33-37.

WINTERHALTER B., FLODÉN T., IGNATIUS H., AXBERG S., NIEMISTÖ L., 1981 – Geology of the Baltic Sea. In: *The Baltic Sea*, red. A. Voipio, Elsevier, Amsterdam.

SPIS FIGUR – FIGURES

- Fig. 1. Parametry statystyczne zawartości C_{org} w osadach
Statistical parameters of C_{org} content in sediments
- Fig. 2. Parametry statystyczne zawartości Al w osadach
Statistical parameters of Al content in sediments
- Fig. 3. Parametry statystyczne zawartości As w osadach
Statistical parameters of As content in sediments
- Fig. 4. Parametry statystyczne zawartości Ba w osadach
Statistical parameters of Ba content in sediments
- Fig. 5. Parametry statystyczne zawartości Ca w osadach
Statistical parameters of Ca content in sediments
- Fig. 6. Parametry statystyczne zawartości Cd w osadach
Statistical parameters of Cd content in sediments
- Fig. 7. Parametry statystyczne zawartości Co w osadach
Statistical parameters of Co content in sediments
- Fig. 8. Parametry statystyczne zawartości Cr w osadach
Statistical parameters of Cr content in sediments
- Fig. 9. Parametry statystyczne zawartości Cu w osadach
Statistical parameters of Cu content in sediments
- Fig. 10. Parametry statystyczne zawartości Fe w osadach
Statistical parameters of Fe content in sediments
- Fig. 11. Parametry statystyczne zawartości Mn w osadach
Statistical parameters of Mn content in sediments
- Fig. 12. Parametry statystyczne zawartości Ni w osadach
Statistical parameters of Ni content in sediments
- Fig. 13. Parametry statystyczne zawartości P w osadach
Statistical parameters of P content in sediments
- Fig. 14. Parametry statystyczne zawartości Pb w osadach
Statistical parameters of Pb content in sediments
- Fig. 15. Parametry statystyczne zawartości S w osadach
Statistical parameters of S content in sediments
- Fig. 16. Parametry statystyczne zawartości Sr w osadach
Statistical parameters of Sr content in sediments
- Fig. 17. Parametry statystyczne zawartości V w osadach
Statistical parameters of V content in sediments
- Fig. 18. Parametry statystyczne zawartości Zn w osadach
Statistical parameters of Zn content in sediments

Fig. 1. Parametry statystyczne zawartości Corg. w osadach
Statistical parameters of Corg. content in sediments

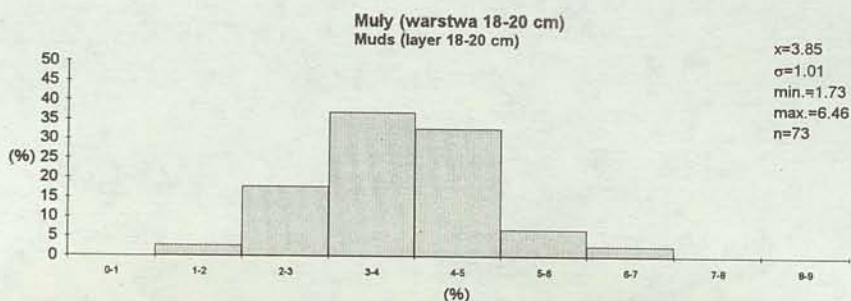
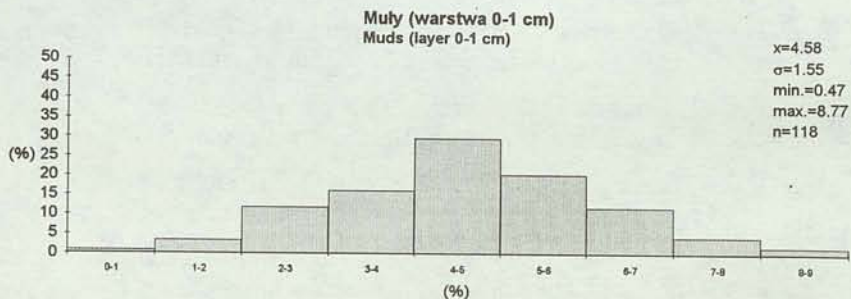
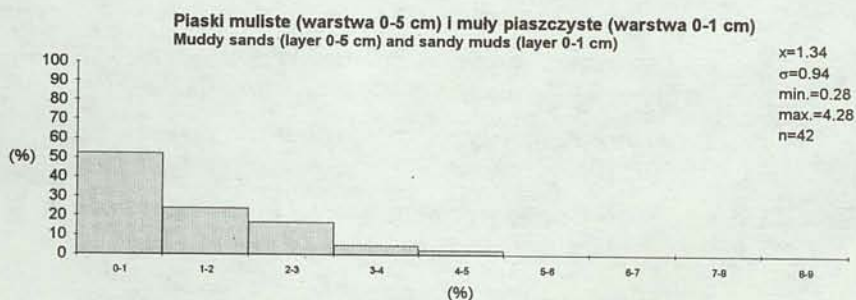
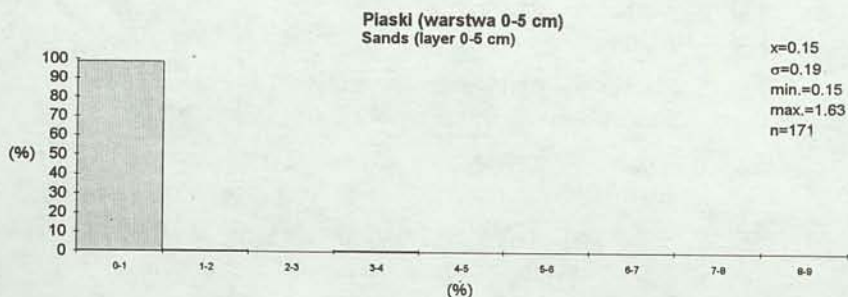


Fig. 2. Parametry statystyczne zawartości Al w osadach
Statistical parameters of Al content in sediments

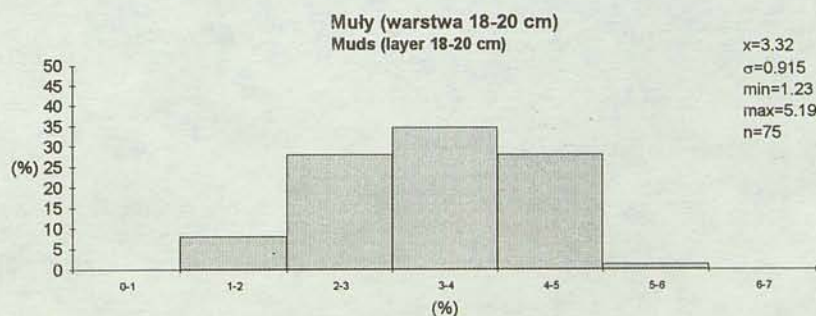
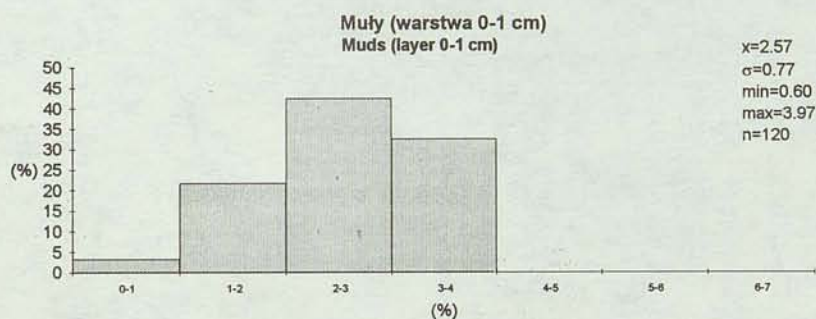
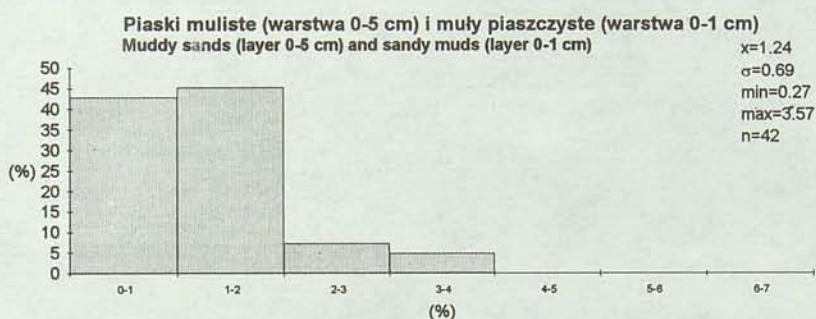
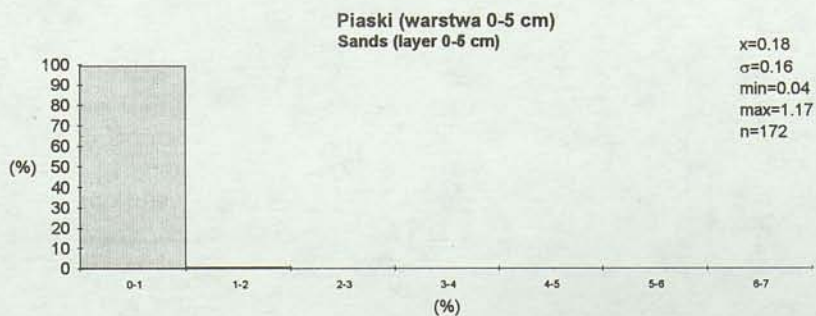


Fig. 3. Parametry statystyczne zawartości As w osadach
Statistical parameters of As content in sediments

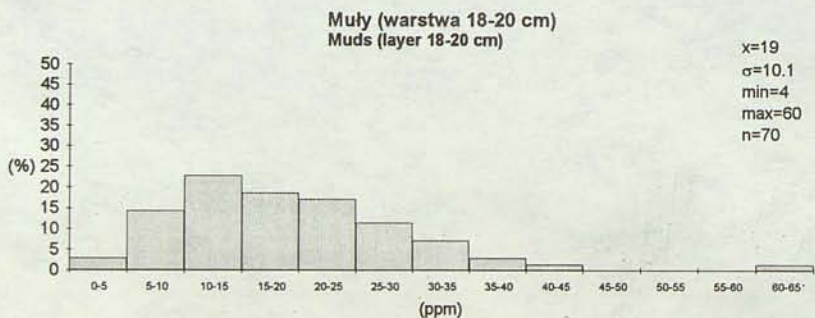
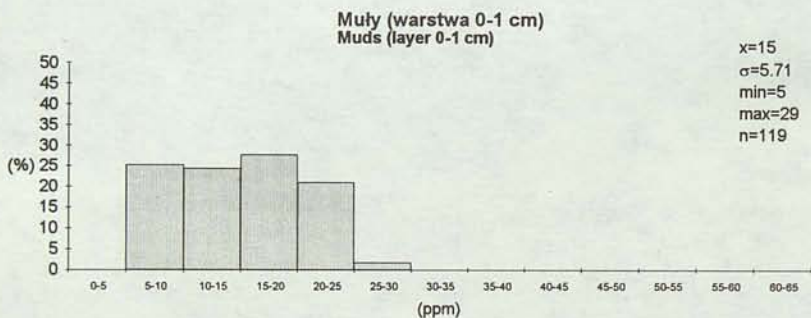
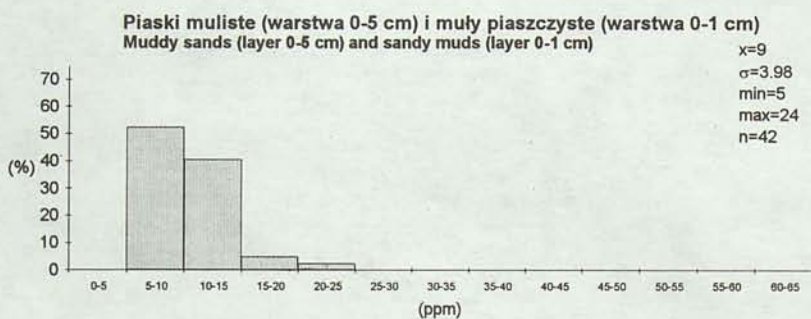
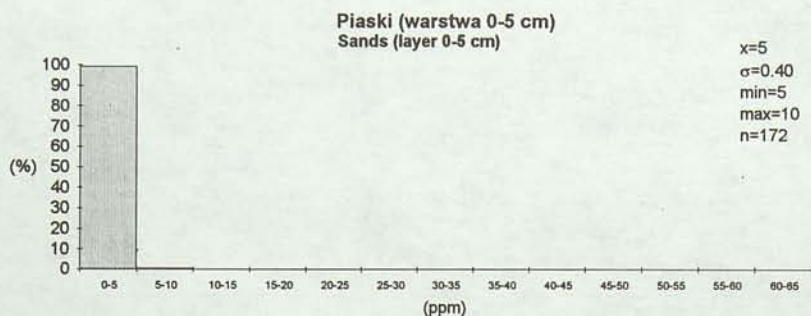


Fig. 4. Parametry statystyczne zawartości Ba w osadach
Statistical parameters of Ba content in sediments

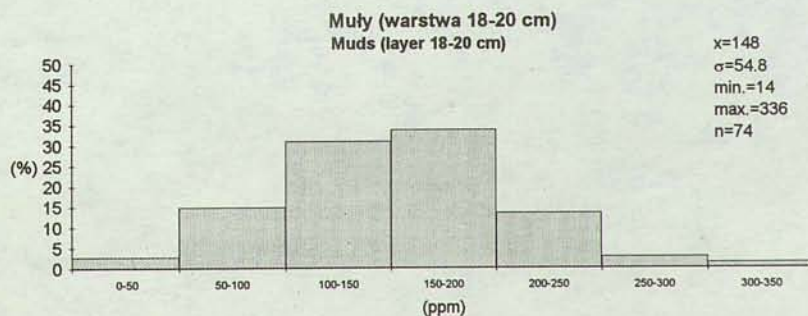
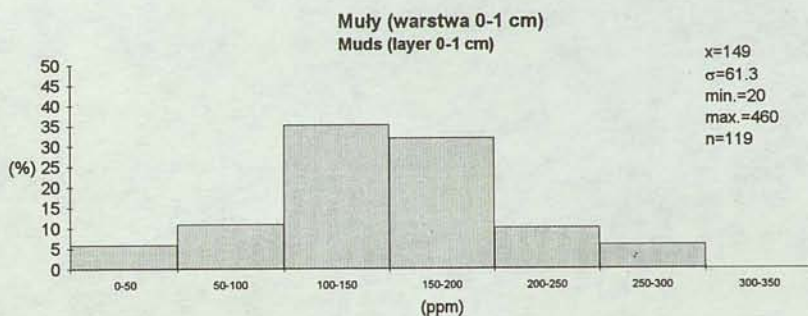
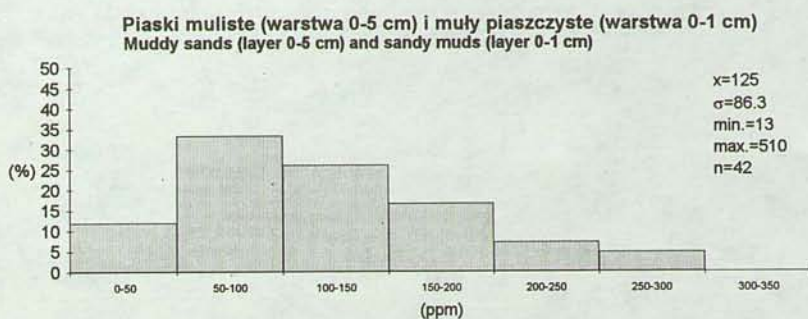
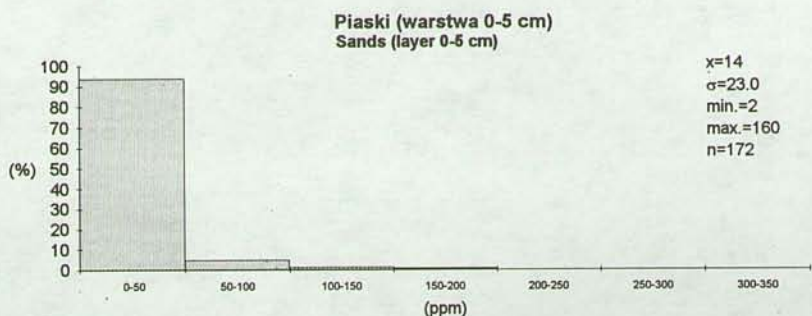


Fig. 5. Parametry statystyczne zawartości Ca w osadach
Statistical parameters of Ca content in sediments

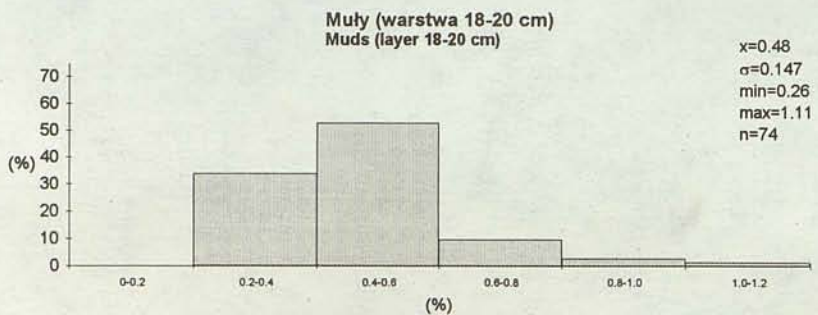
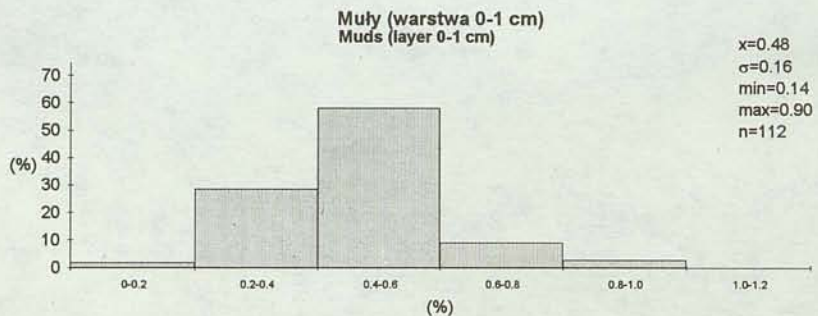
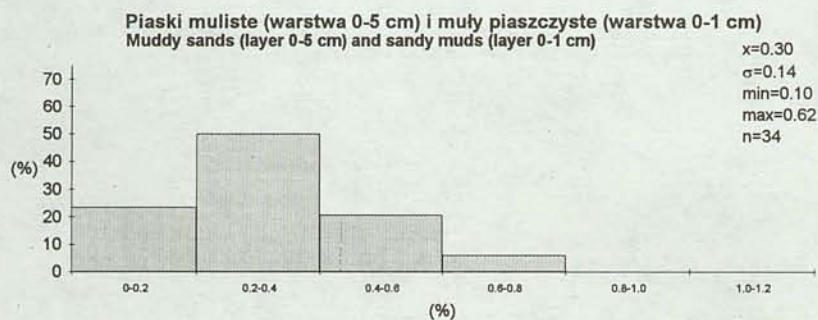
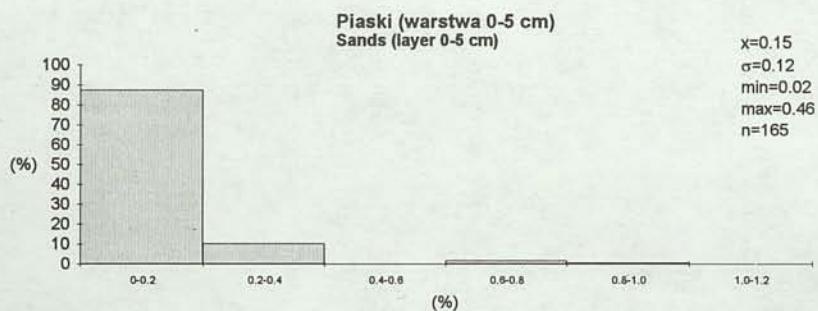


Fig. 6. Parametry statystyczne zawartości Cd w osadach
Statistical parameters of Cd content in sediments

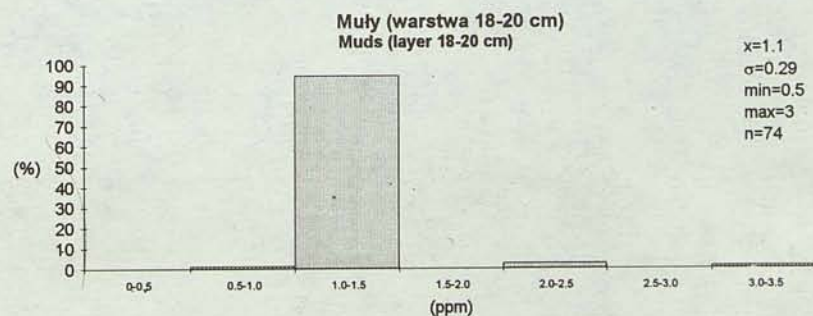
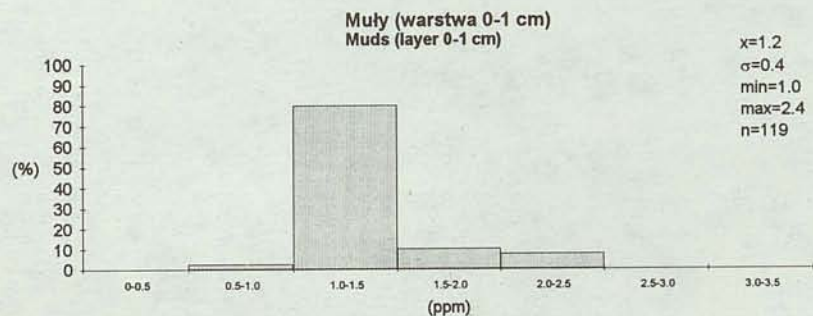
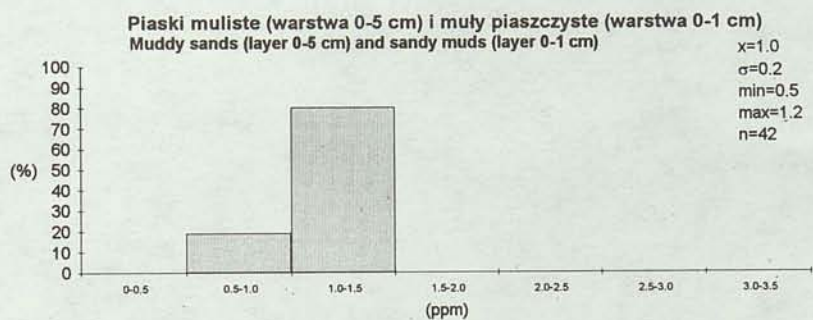
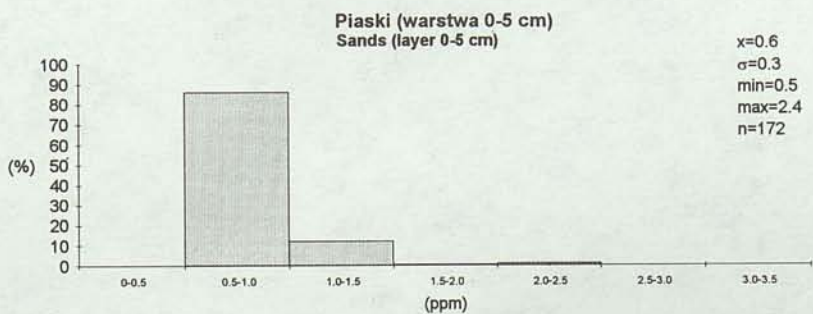


Fig. 7. Parametry statystyczne zawartości Co w osadach
Statistical parameters of Co content in sediments

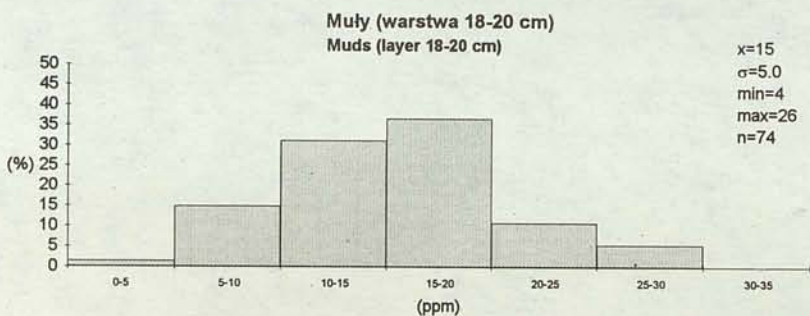
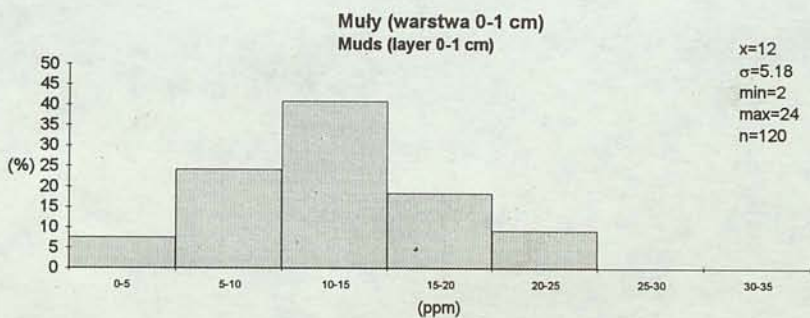
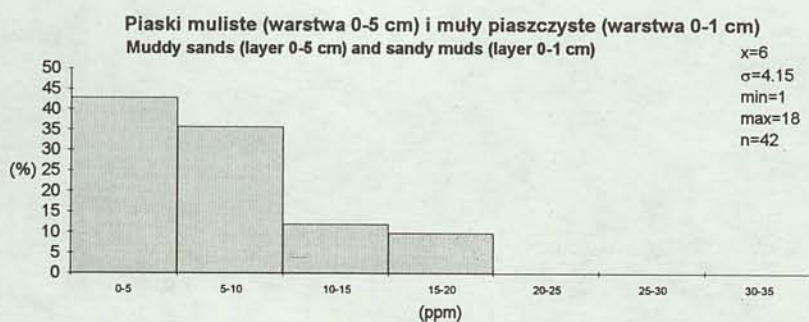
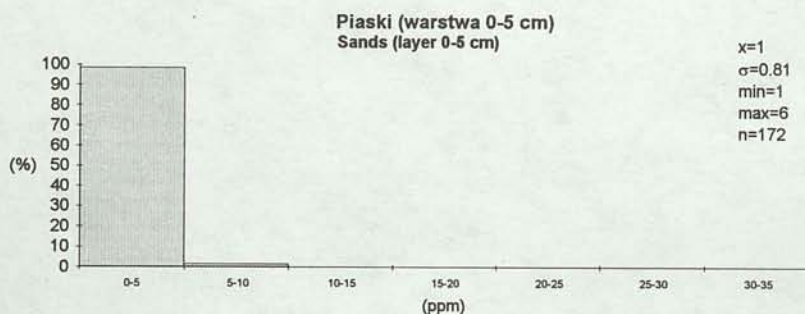


Fig. 8. Parametry statystyczne zawartości Cr w osadach
Statistical parameters of Cr content in sediments

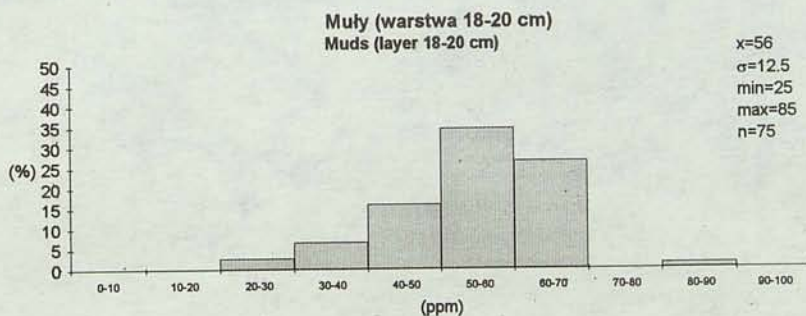
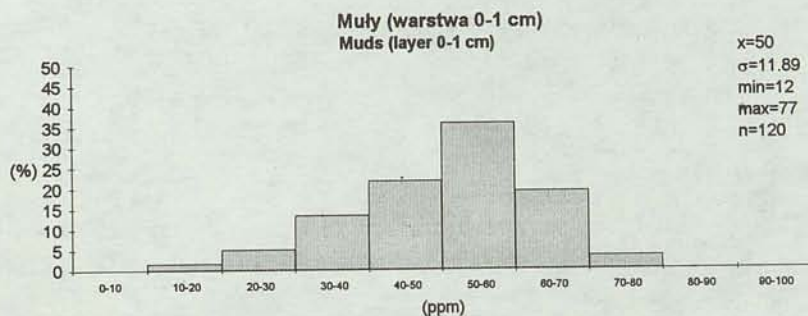
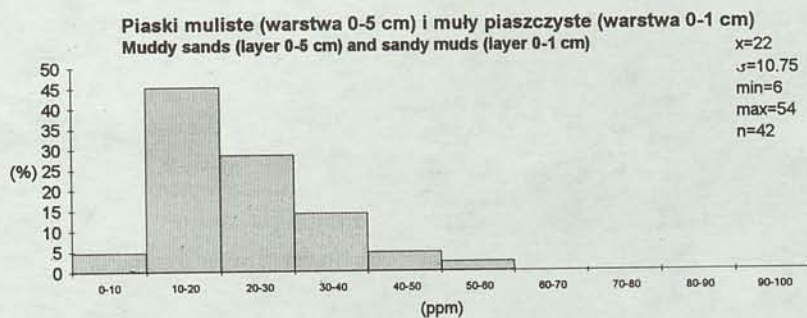
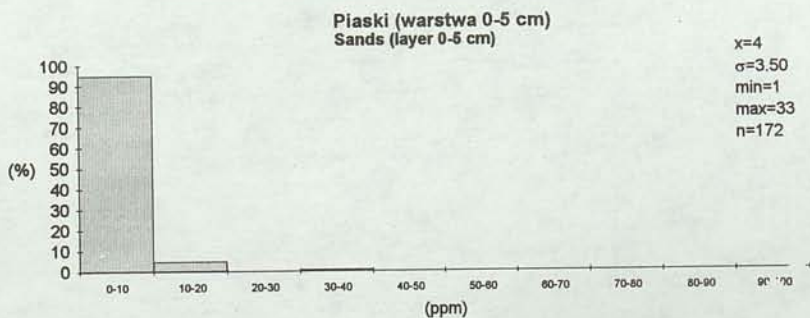


Fig. 9. Parametry statystyczne zawartości Cu w osadach
Statistical parameters of Cu content in sediments

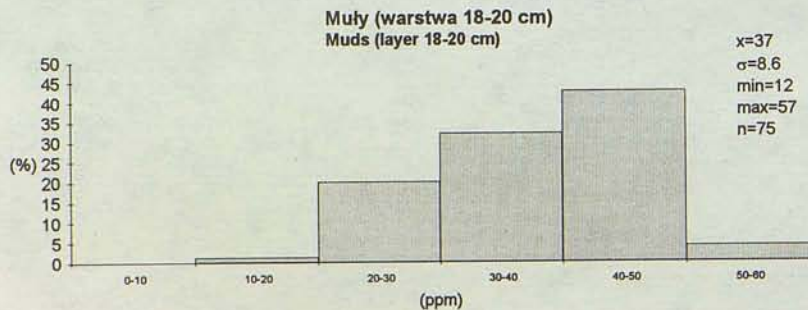
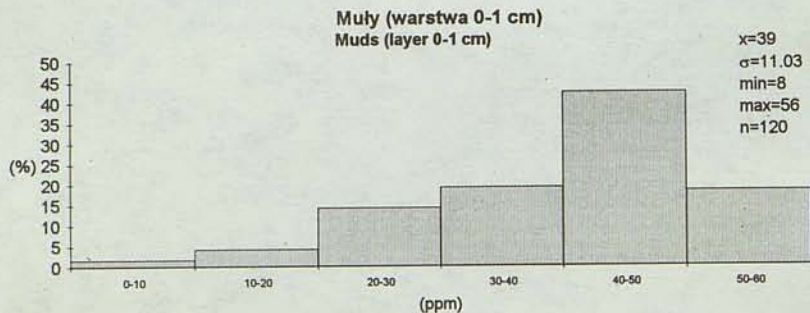
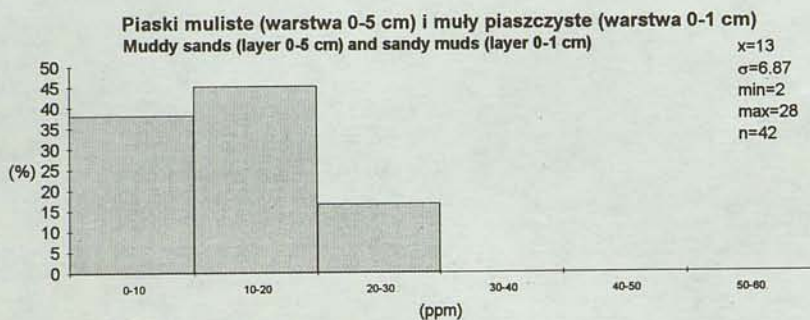
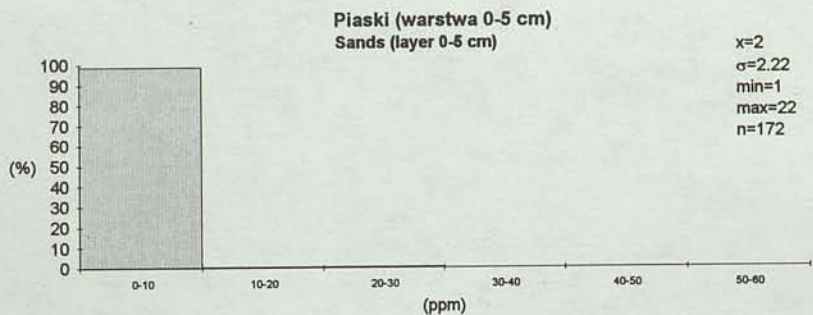


Fig. 10. Parametry statystyczne zawartości Fe w osadach
Statistical parameters of Fe content in sediments

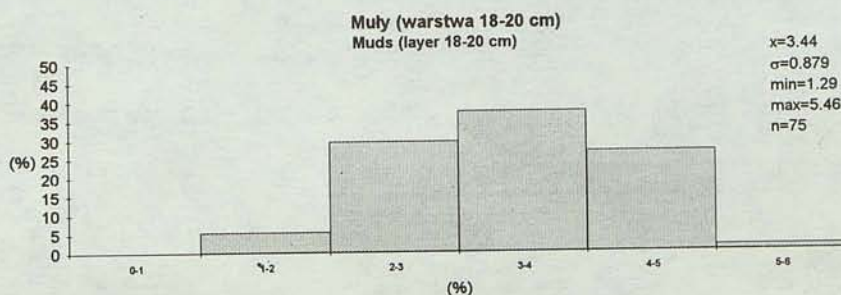
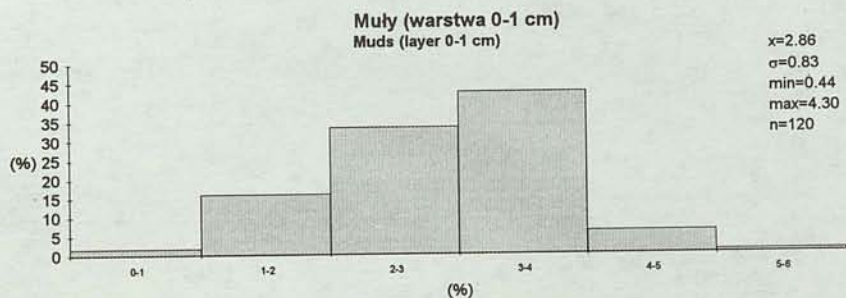
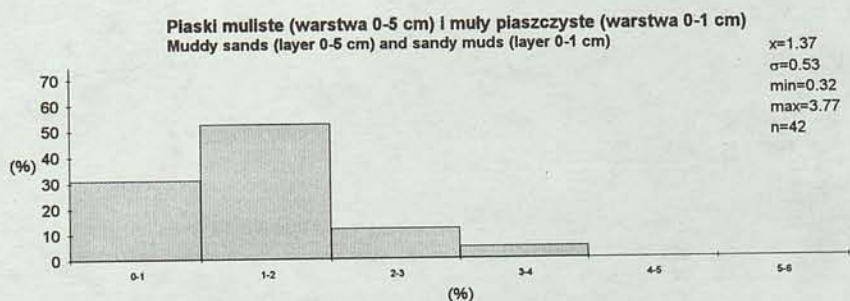
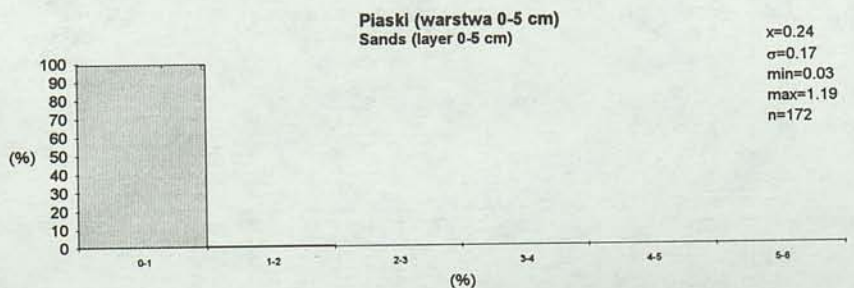


Fig. 11. Parametry statystyczne zawartości Mn w osadach
Statistical parameters of Mn content in sediments

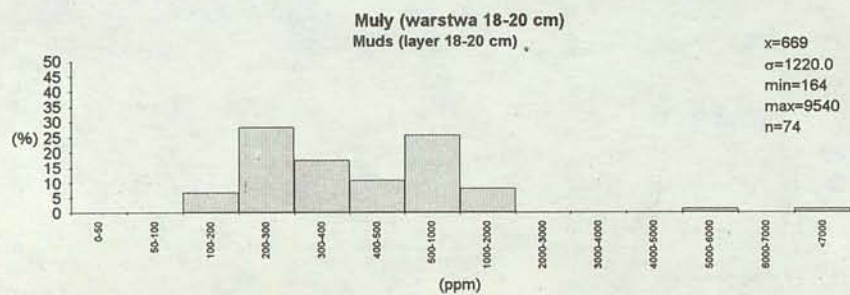
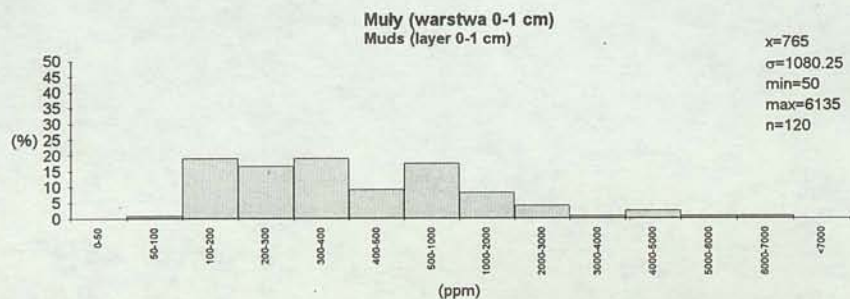
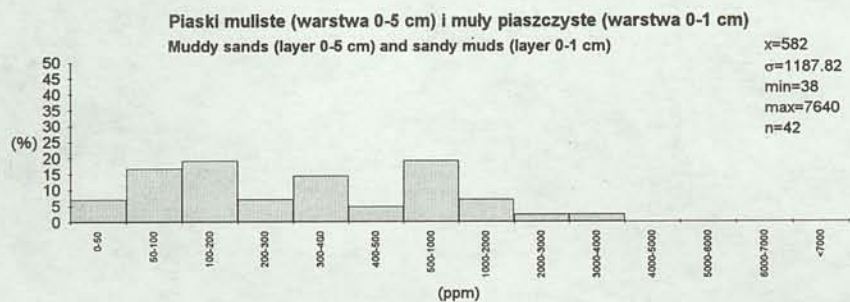
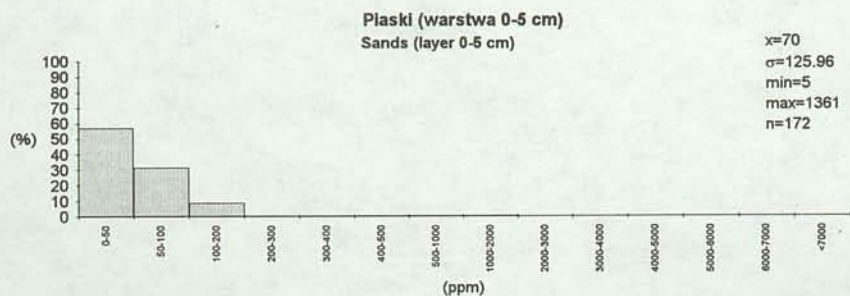


Fig. 12. Parametry statystyczne zawartości Ni w osadach
Statistical parameters of Ni content in sediments

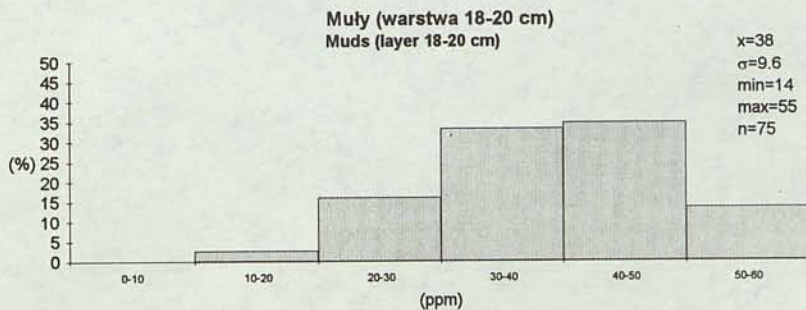
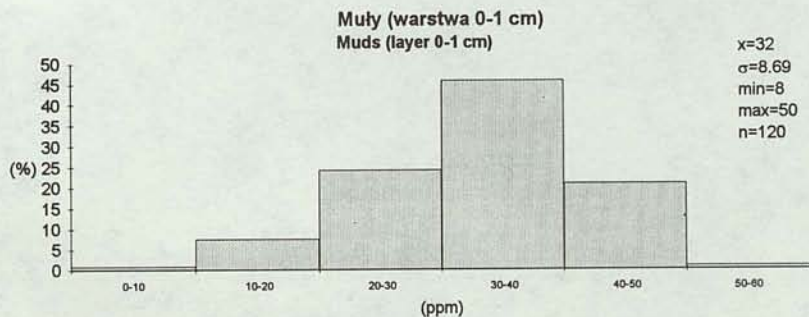
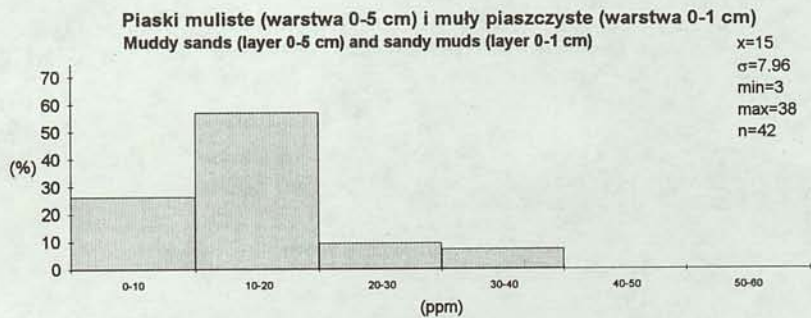
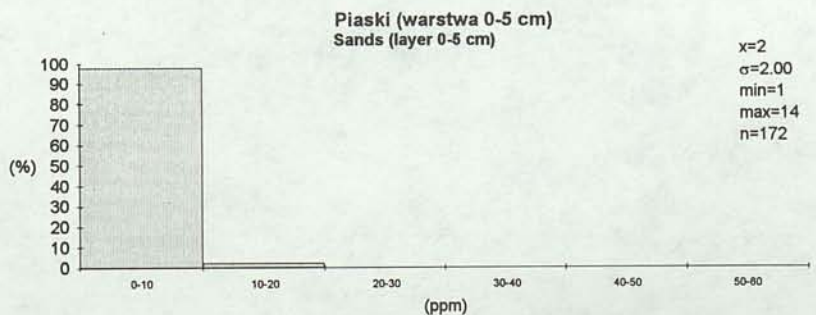


Fig. 13. Parametry statystyczne zawartości P w osadach
Statistical parameters of P content in sediments

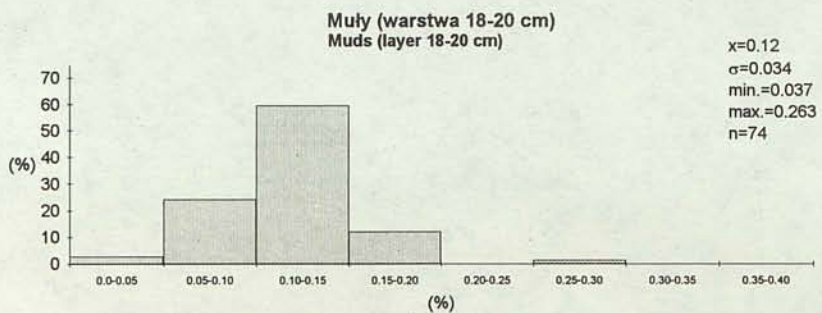
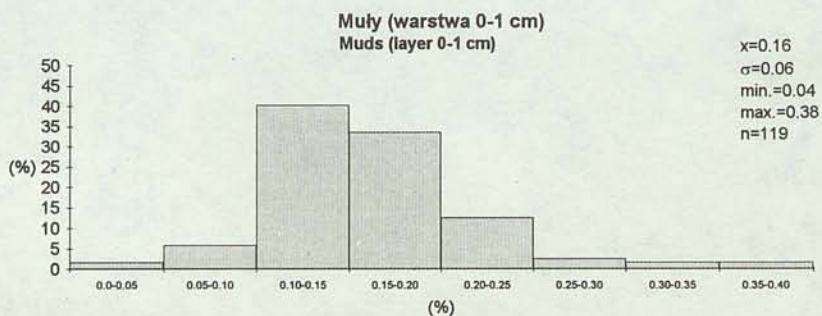
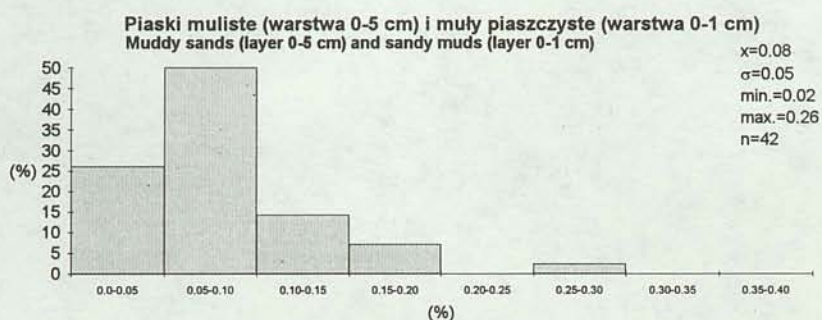
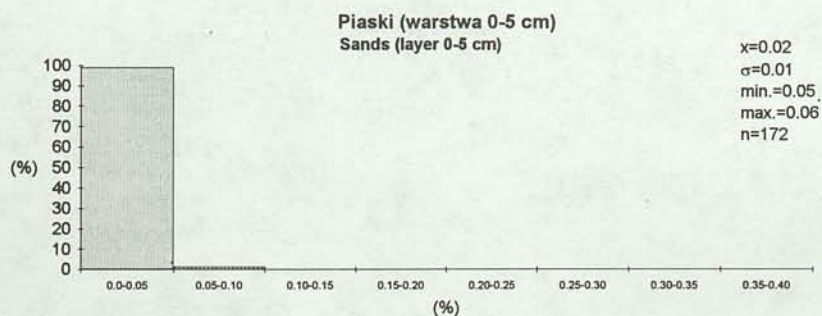


Fig. 14. Parametry statystyczne zawartości Pb w osadach
Statistical parameters of Pb content in sediments

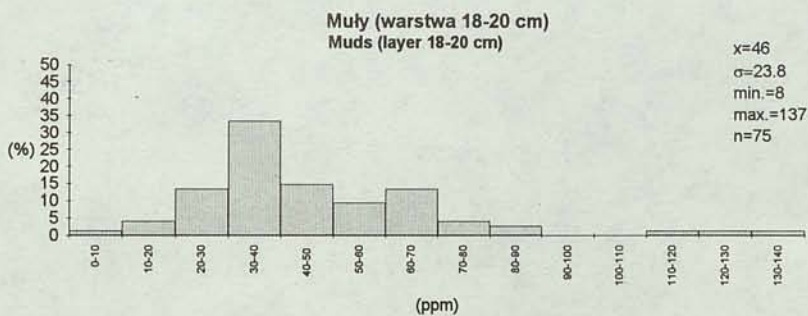
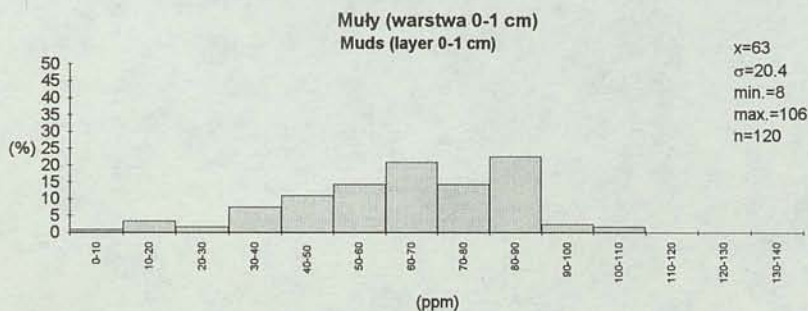
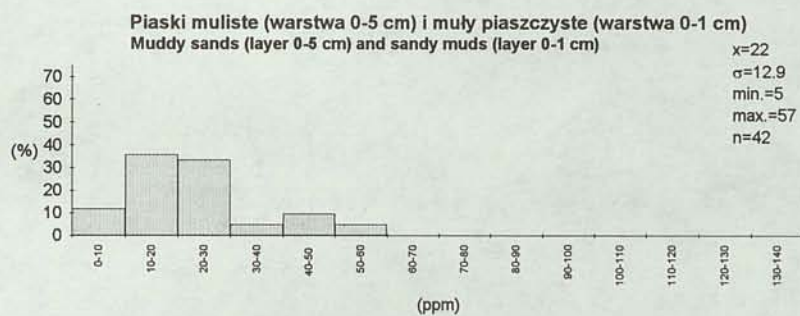
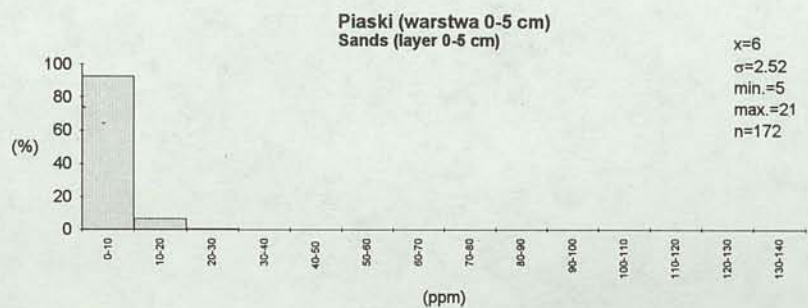


Fig. 15. Parametry statystyczne zawartości S w osadach
Statistical parameters of S content in sediments

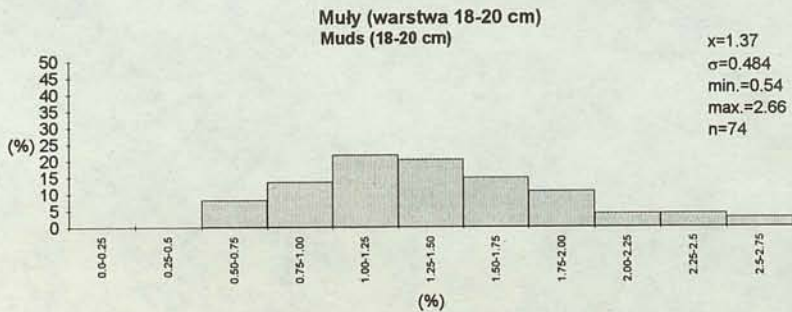
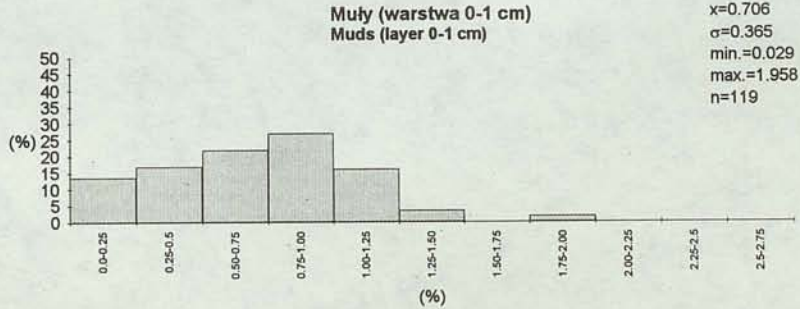
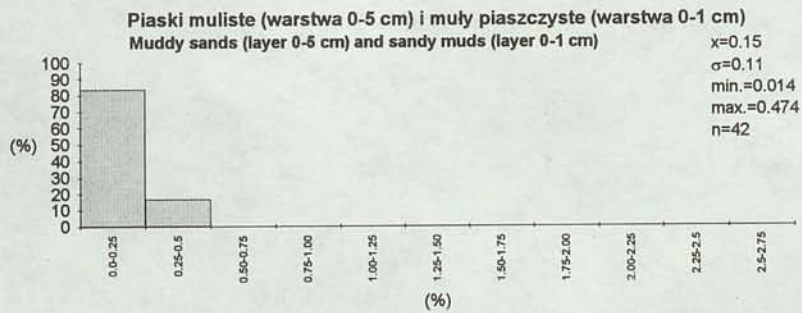
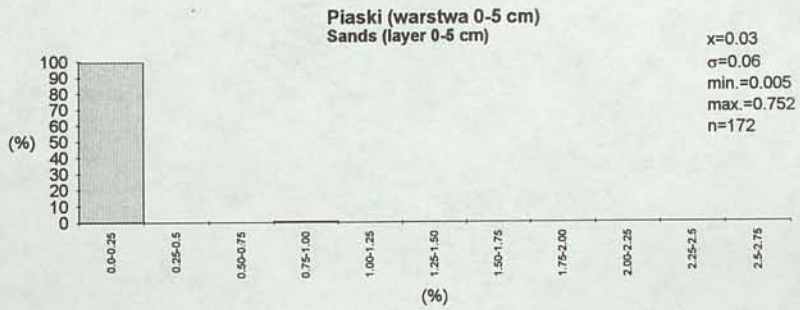


Fig. 16. Parametry statystyczne zawartości Sr w osadach
Statistical parameters of Sr content in sediments

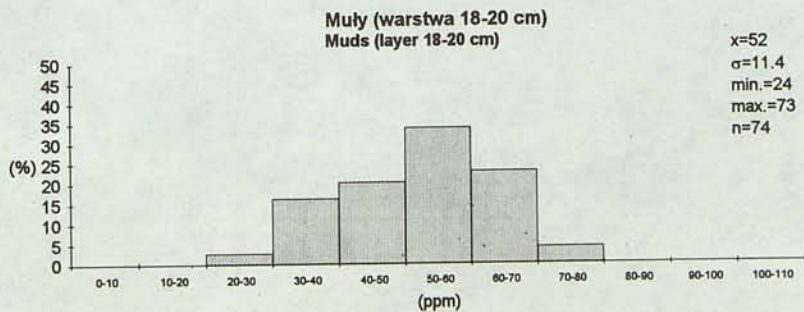
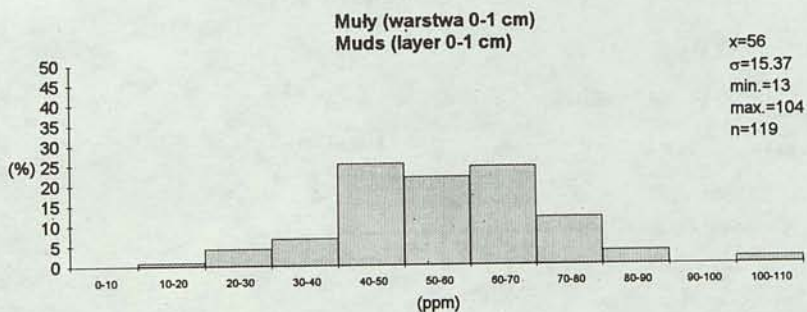
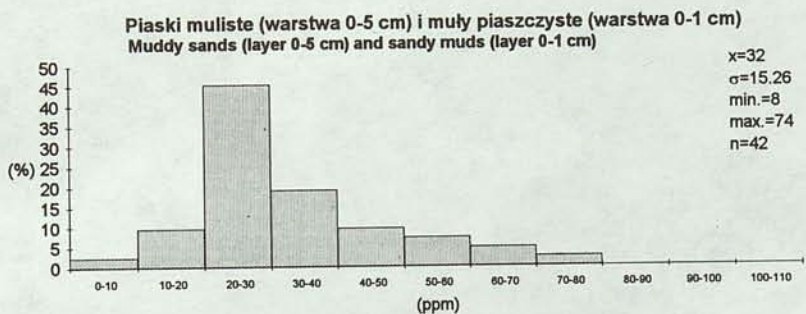
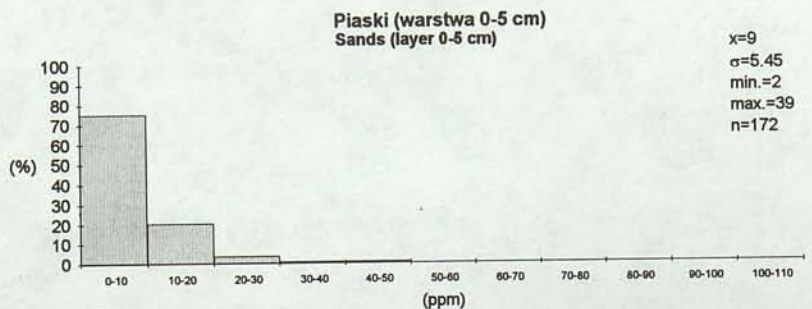


Fig. 17. Parametry statystyczne zawartości V w osadach
Statistical parameters of V content in sediments

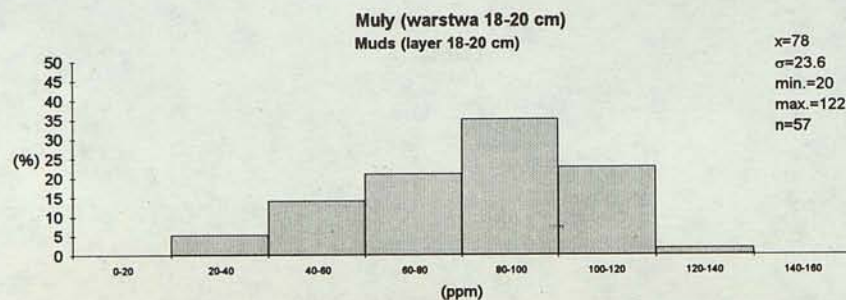
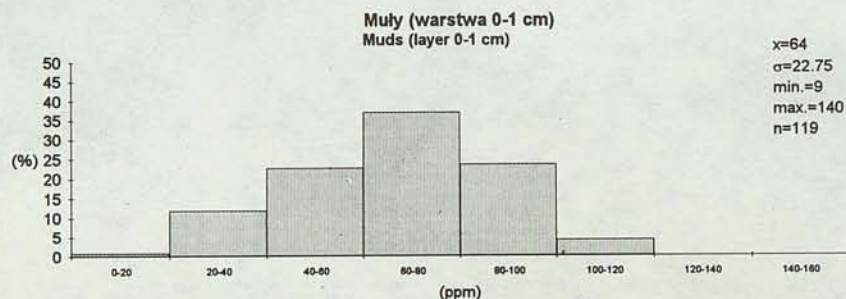
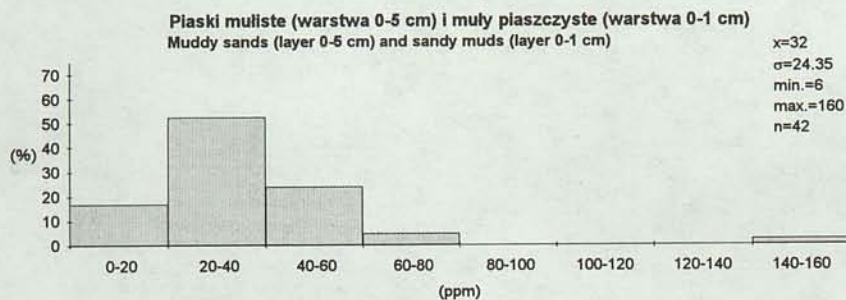
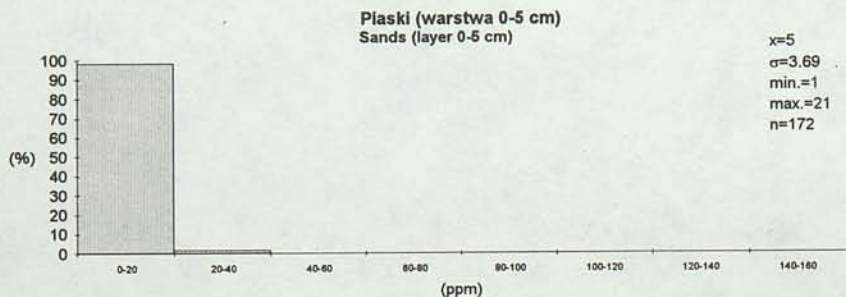
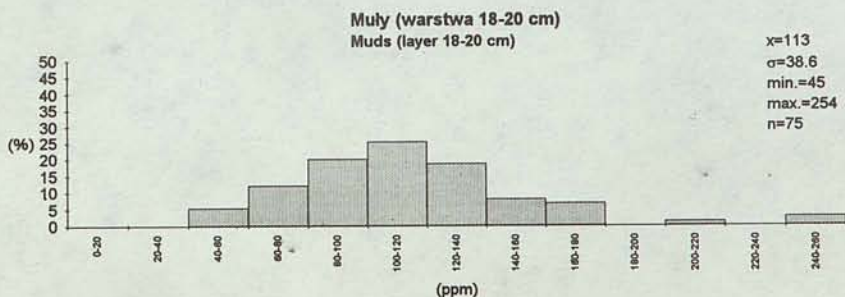
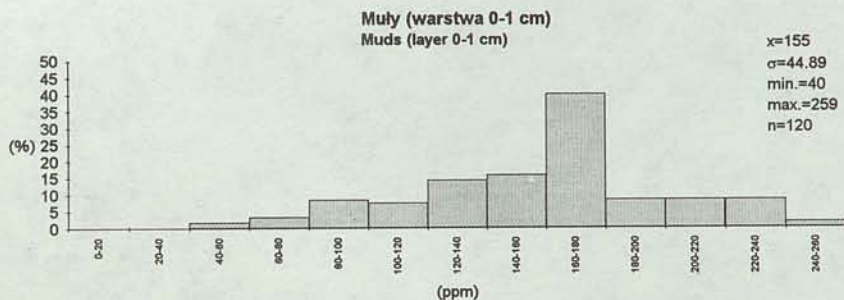
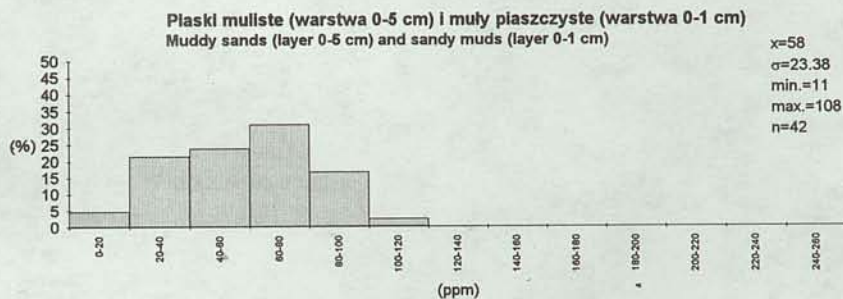
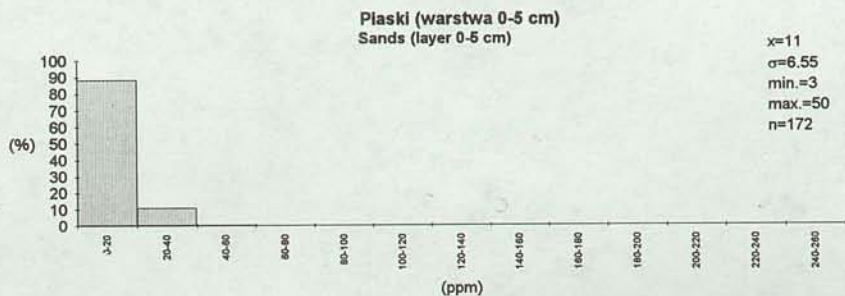


Fig. 18. Parametry statystyczne zawartości Zn w osadach
Statistical parameters of Zn content in sediments



Biblioteka **PFG**

Warszawa

86820

REGAŁ
z ATLASAMI
i MAPAMI

PAŃSTWOWY INSTYTUT GEOLOGICZNY

TERESA SZCZEPAŃSKA, SZYMON UŚCINOWICZ

ATLAS GEOCHEMICZNY POŁUDNIOWEGO BAŁTYKU
GEOCHEMICAL ATLAS OF THE SOUTHERN BALTIC

1:500 000



75
LAT DZIAŁALNOŚCI
1919 - 1994
PAŃSTWOWEGO INSTYTUTU GEOLOGICZNEGO

Warszawa 1994



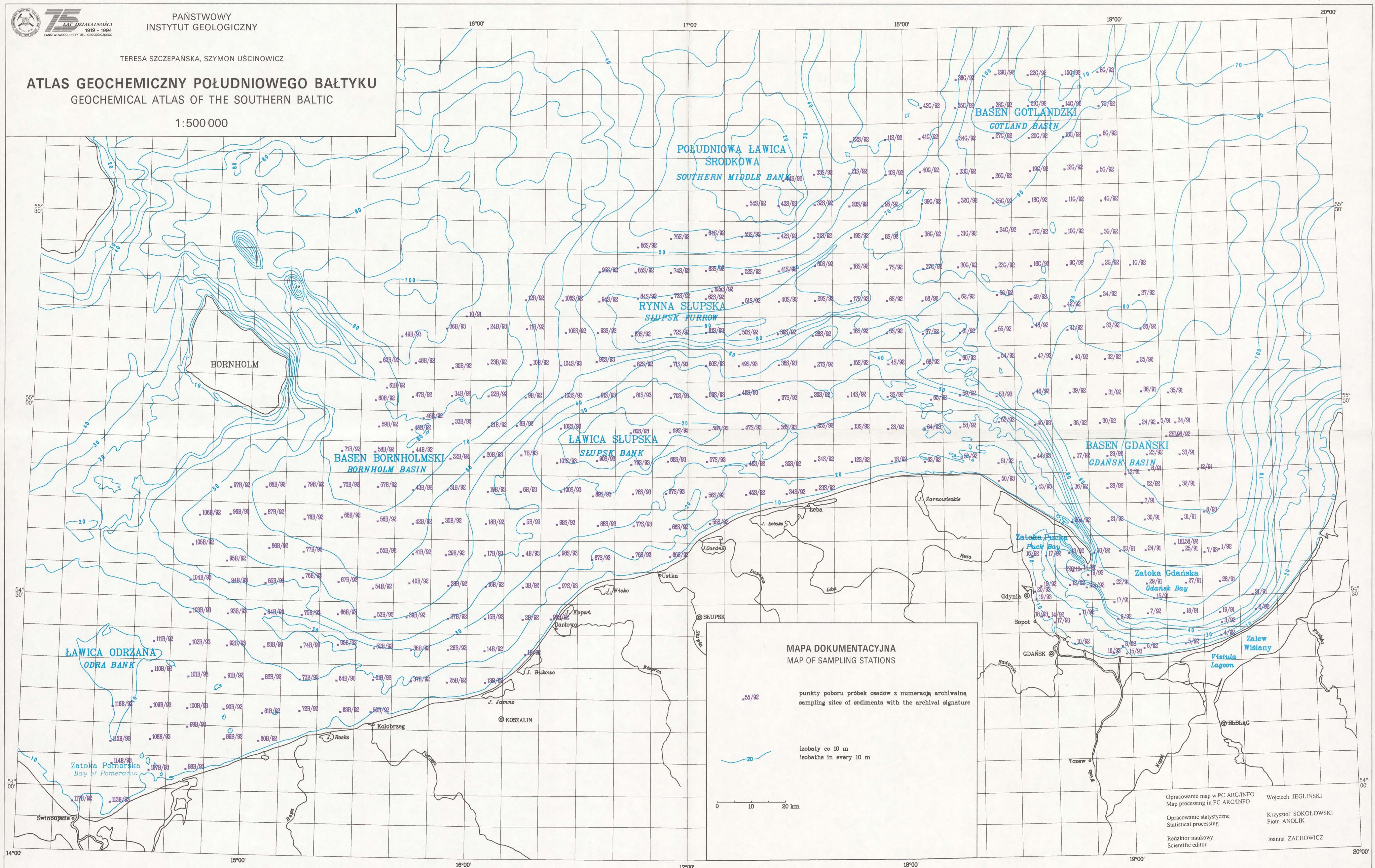
75
LAT DZIAŁALNOŚCI
1919 - 1994
PAŃSTWOWY INSTYTUT GEOLOGICZNY

PAŃSTWOWY
INSTYTUT GEOLOGICZNY

TERESA SZCZEPAŃSKA, SZYMON UŚCINOWICZ

ATLAS GEOCHEMICZNY POŁUDNIOWEGO BAŁTYKU
GEOCHEMICAL ATLAS OF THE SOUTHERN BALTIC

1:500 000



MAPA DOKUMENTACYJNA
MAP OF SAMPLING STATIONS

punkty poboru próbek osadów z numeracją archiwalną
sampling sites of sediments with the archival signature

izobaty co 10 m
isobaths in every 10 m

0 10 20 km


Opracowanie map w PC ARC/INFO
Map processing in PC ARC/INFO

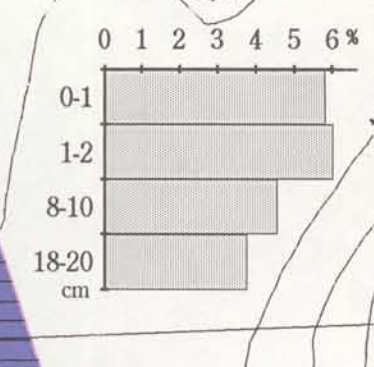
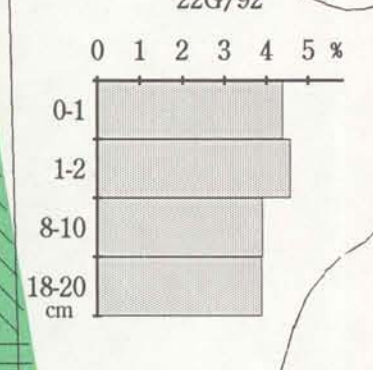
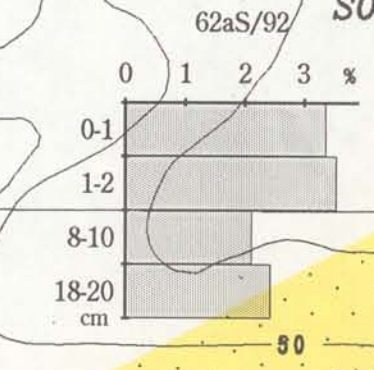
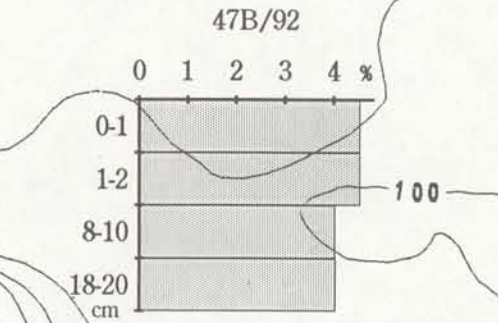
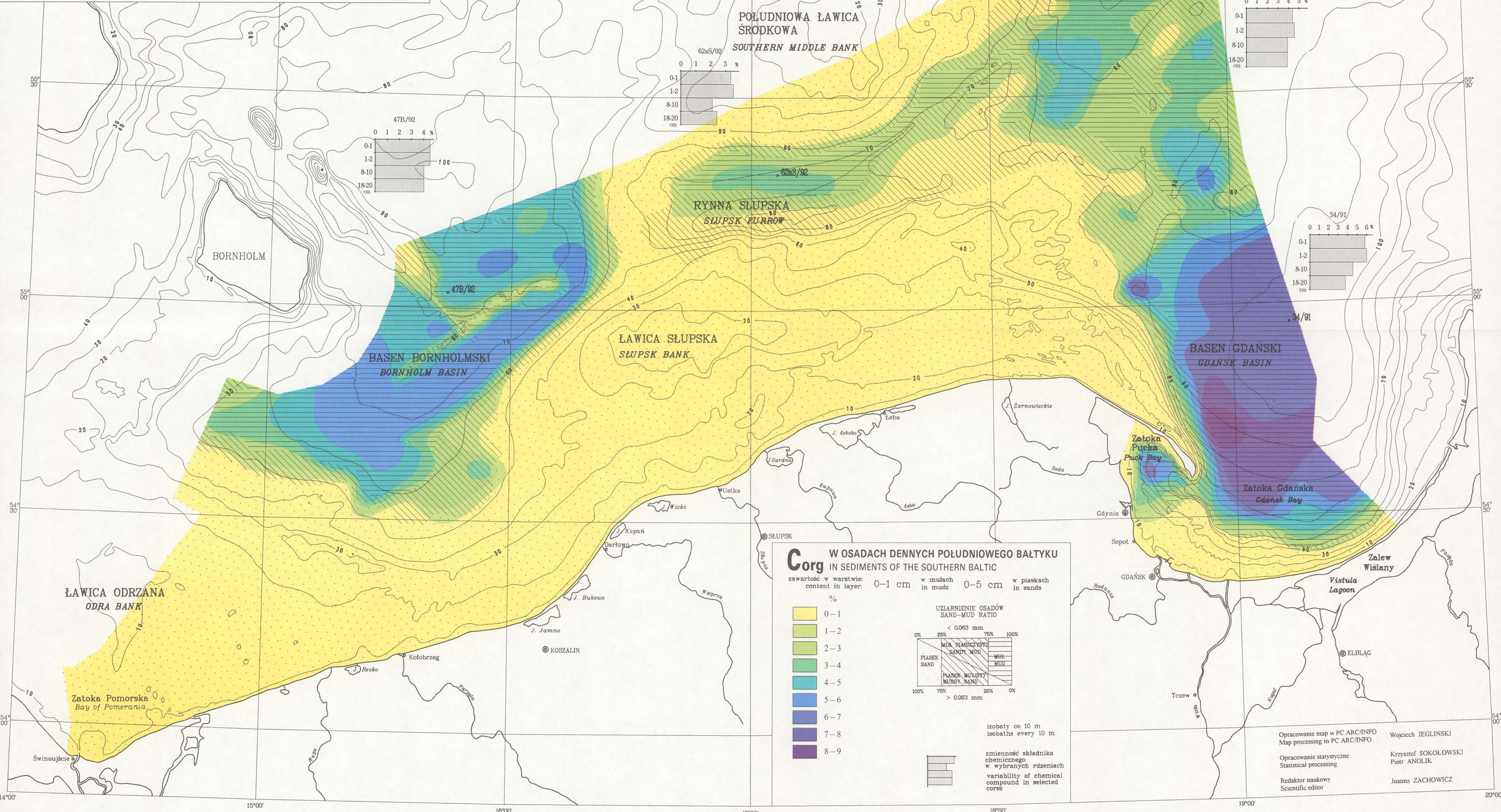
Opracowanie statystyczne
Statistical processing

Redaktor naukowy
Scientific editor

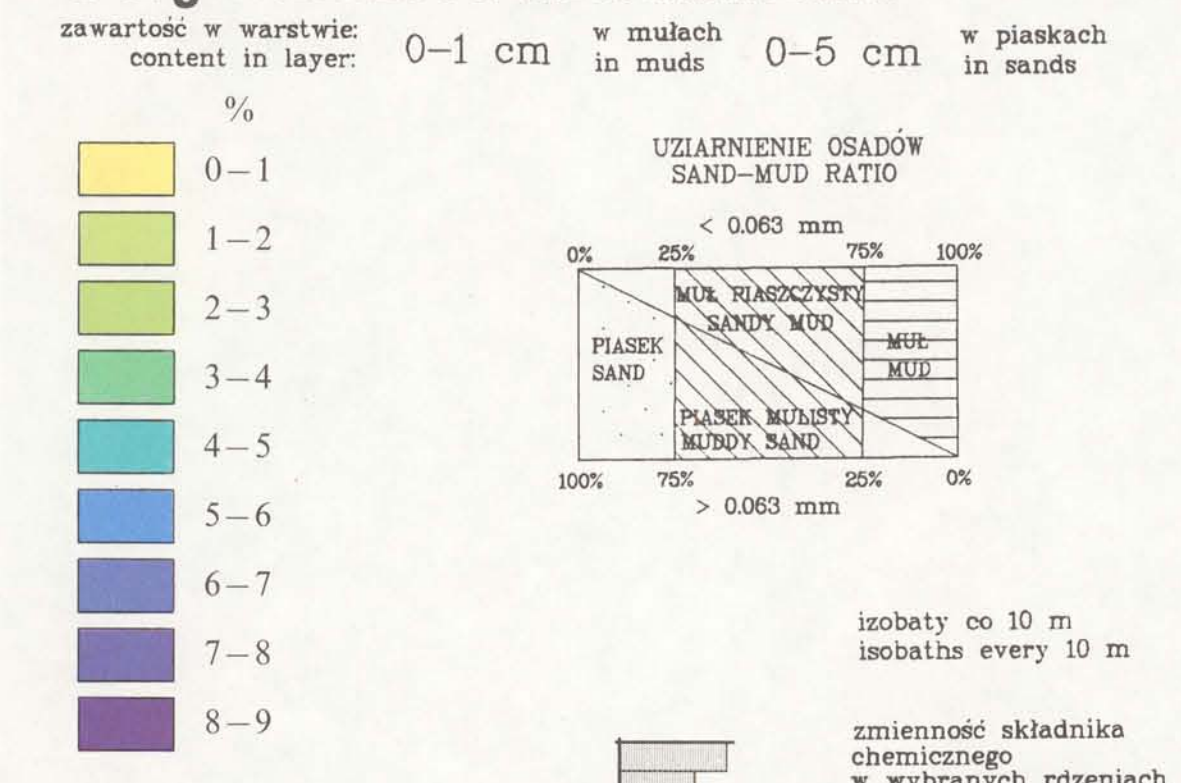
Wojciech JEGLIŃSKI
Krzysztof SOKOŁOWSKI
Piotr ANOLIK
Joanna ZACHOWICZ




PAŃSTWOWY INSTYTUT GEOLOGICZNY
 TERESA SZCZEPAŃSKA, SZYMON UŚCINOWICZ
ATLAS GEOCHEMICZNY POŁUDNIOWEGO BAŁTYKU
 GEOCHEMICAL ATLAS OF THE SOUTHERN BALTIC
 1:500 000

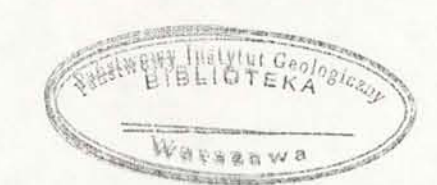


Corg W OSADACH DENNYCH POŁUDNIOWEGO BAŁTYKU
IN SEDIMENTS OF THE SOUTHERN BALTIC



Opracowanie map w PC ARC/INFO Map processing in PC ARC/INFO
 Opracowanie statystyczne Statistical processing
 Redaktor naukowy Scientific editor

Wojciech JEGLIŃSKI
 Krzysztof SOKOŁOWSKI
 Piotr ANOLIK
 Joanna ZACHOWICZ



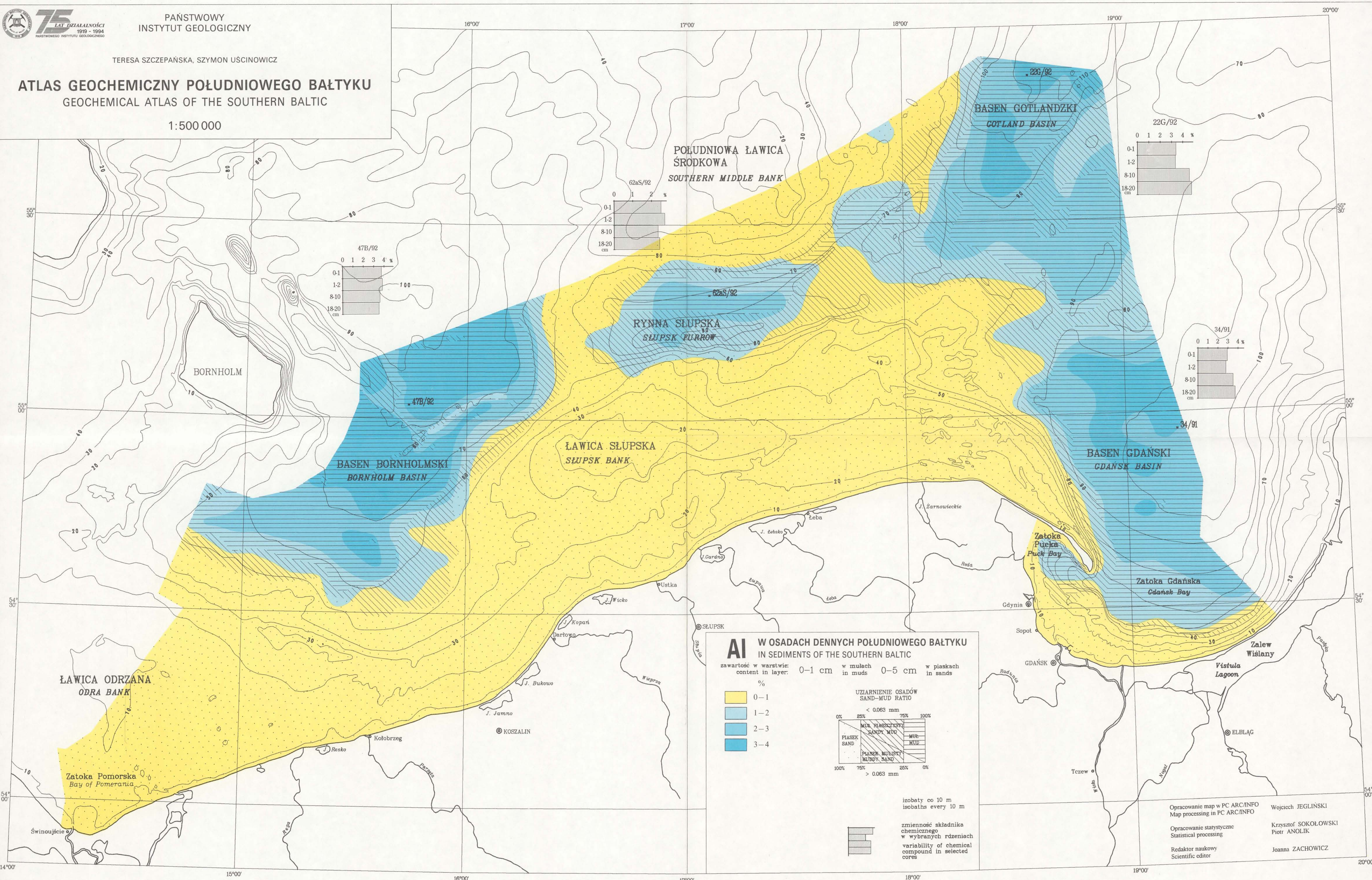
75
LAT DZIAŁALNOŚCI
1919 - 1994
PAŃSTWOWEGO INSTYTUTU GEOLOGICZNEGO

PAŃSTWOWY
INSTYTUT GEOLOGICZNY

TERESA SZCZEPAŃSKA, SZYMON UŚCINOWICZ

ATLAS GEOCHEMICZNY POŁUDNIOWEGO BAŁTYKU
GEOCHEMICAL ATLAS OF THE SOUTHERN BALTIC

1:500 000



AI W OSADACH DENNYCH POŁUDNIOWEGO BAŁTYKU
IN SEDIMENTS OF THE SOUTHERN BALTIC

zawartość w warstwie: 0-1 cm w mulach 0-5 cm w piaskach
content in layer: in muds in sands

0-1
1-2
2-3
3-4

UZIARNIENIE OSADÓW
SAND-MUD RATIO

< 0.063 mm
> 0.063 mm

izobaty co 10 m
isobaths every 10 m

zmienność składu chemicznego
w wybranych rdzeniach
variability of chemical
compound in selected
cores





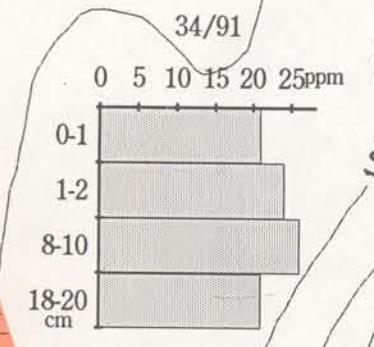
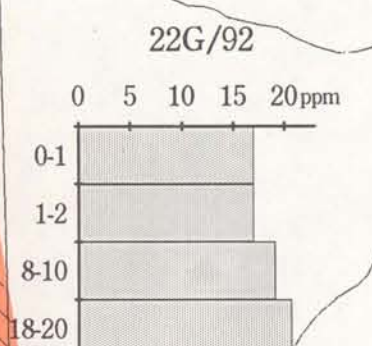
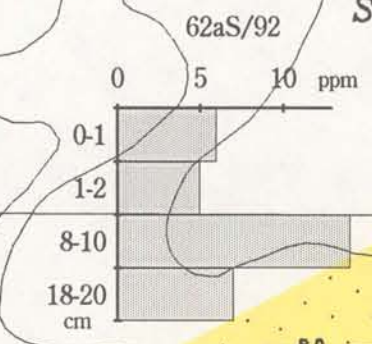
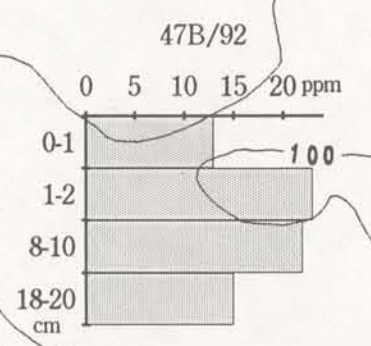
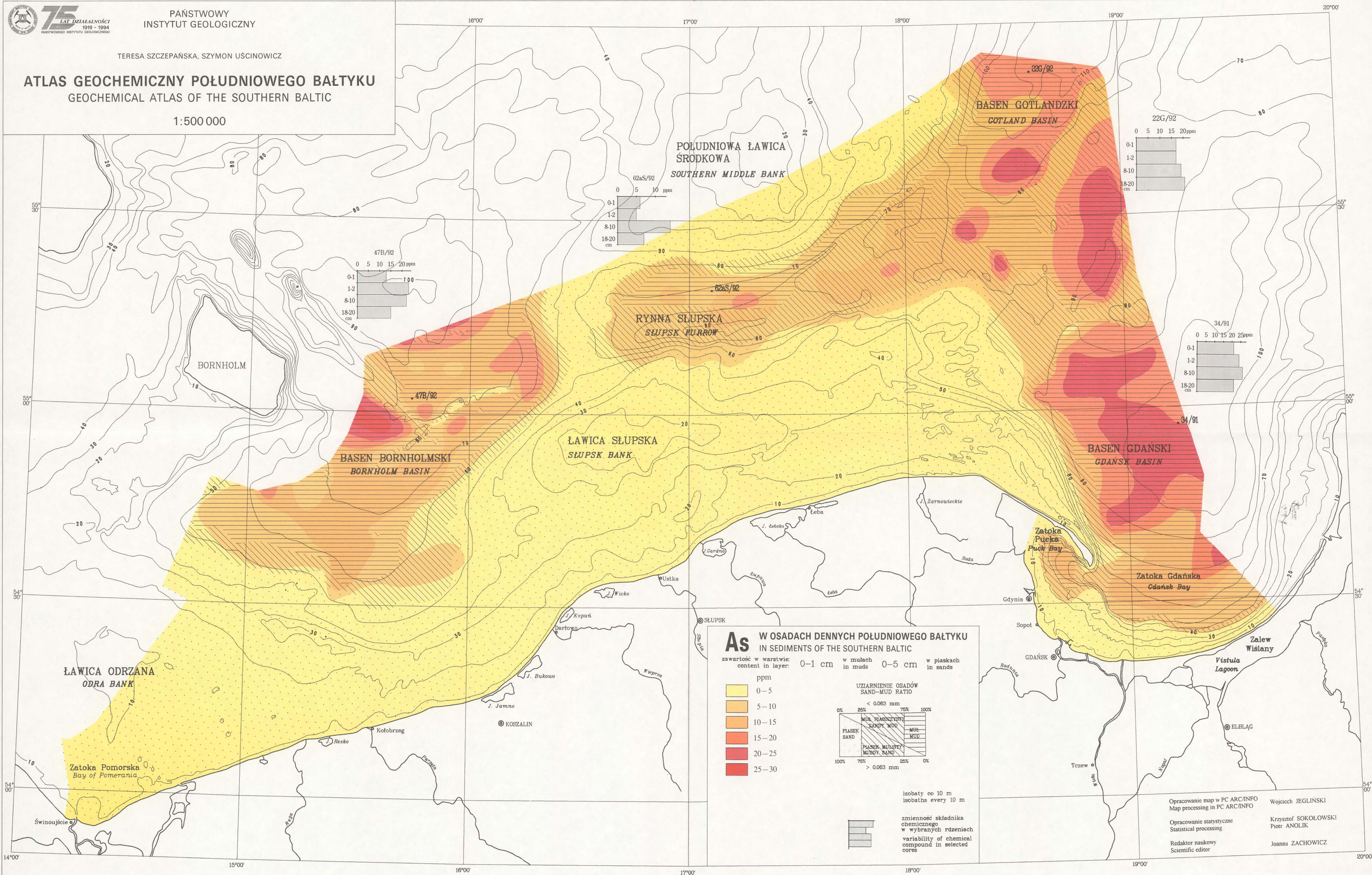
75
LAT DZIAŁALNOŚCI
1919 - 1994
PAŃSTWOWEGO INSTYTUTU GEOLOGICZNEGO

PAŃSTWOWY
INSTYTUT GEOLOGICZNY

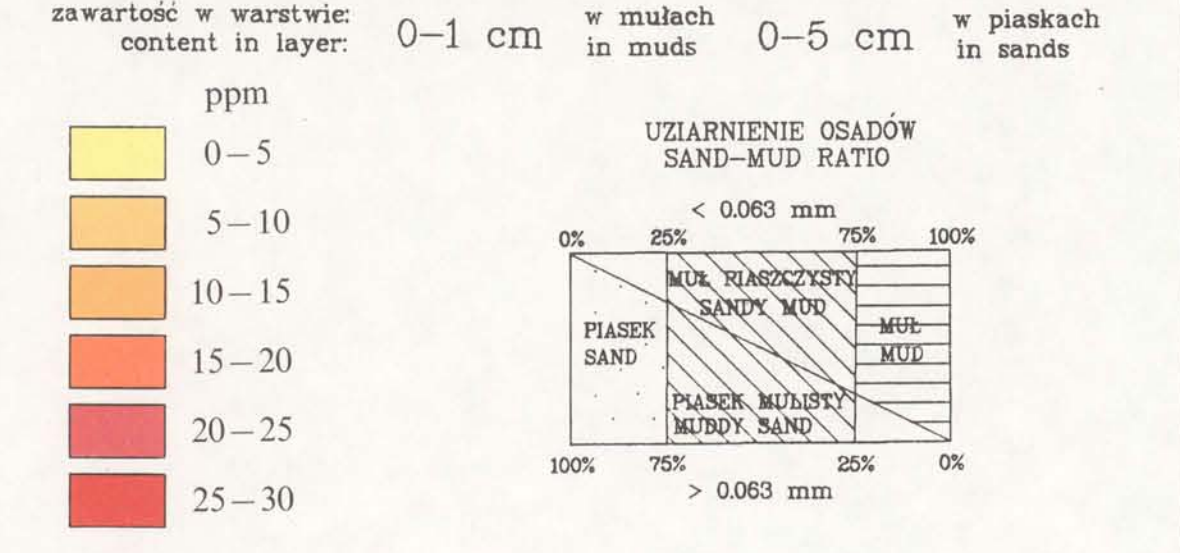
TERESA SZCZEPAŃSKA, SZYMON UŚCINOWICZ

ATLAS GEOCHEMICZNY POŁUDNIOWEGO BAŁTYKU
GEOCHEMICAL ATLAS OF THE SOUTHERN BALTIC

1:500 000



As W OSADACH DENNYCH POŁUDNIOWEGO BAŁTYKU
IN SEDIMENTS OF THE SOUTHERN BALTIC



izobaty co 10 m
isobaths every 10 m

zmienność składu chemicznego w wybranych rdzeniach
variability of chemical compound in selected cores

Opracowanie map w PC ARC/INFO
Map processing in PC ARC/INFO

Opracowanie statystyczne
Statistical processing

Redaktor naukowy
Scientific editor

Wojciech JEGLIŃSKI
Krzysztof SOKOŁOWSKI
Piotr ANOLIK
Joanna ZACHOWICZ





75
LAT DZIAŁALNOŚCI
1919 - 1994
PAŃSTWOWEGO INSTYTUTU GEOLOGICZNEGO

PAŃSTWOWY
INSTYTUT GEOLOGICZNY

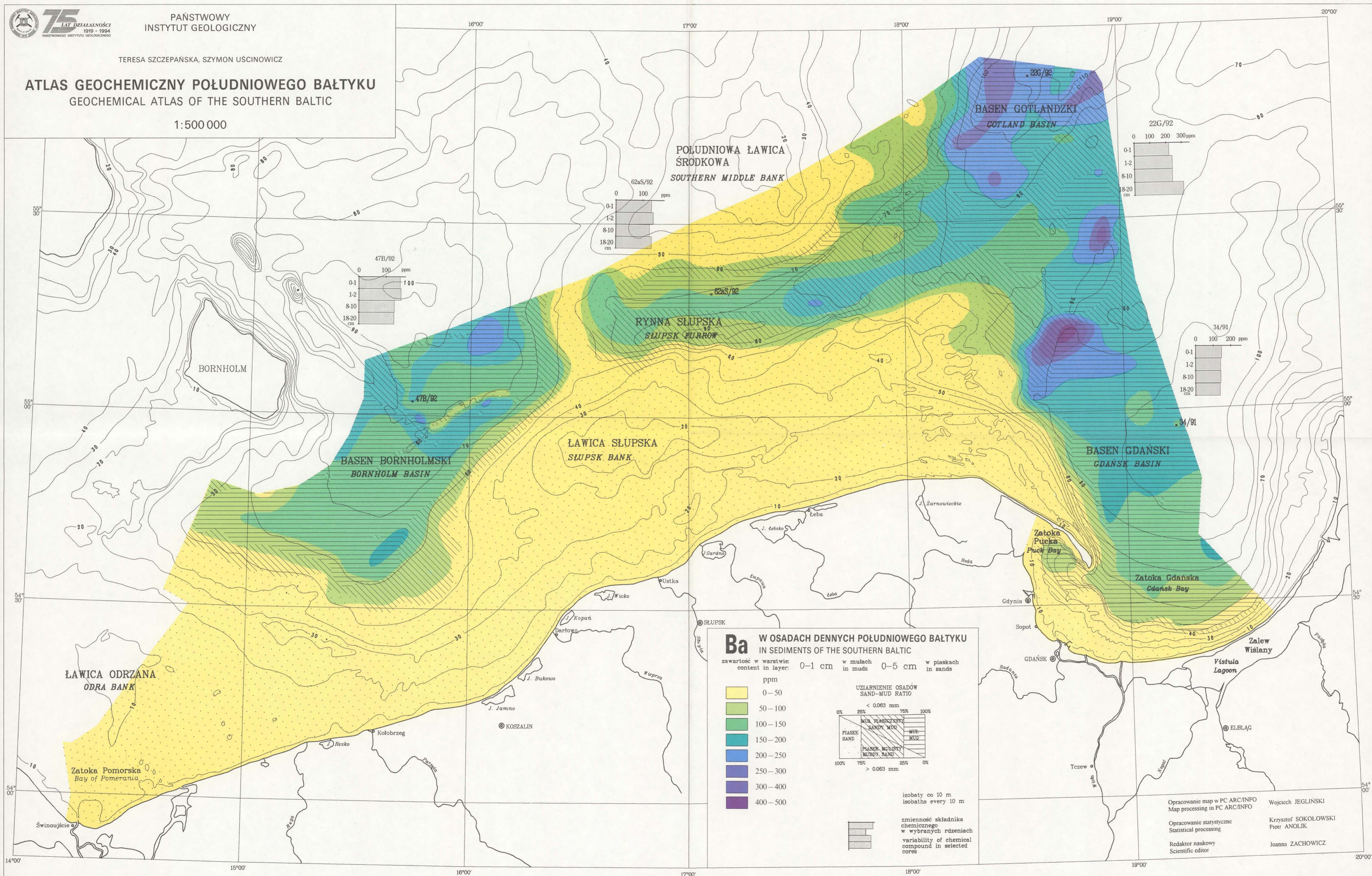
TERESA SZCZEPAŃSKA, SZYMON UŚCINOWICZ

ATLAS GEOCHEMICZNY POŁUDNIOWEGO BAŁTYKU
GEOCHEMICAL ATLAS OF THE SOUTHERN BALTIC

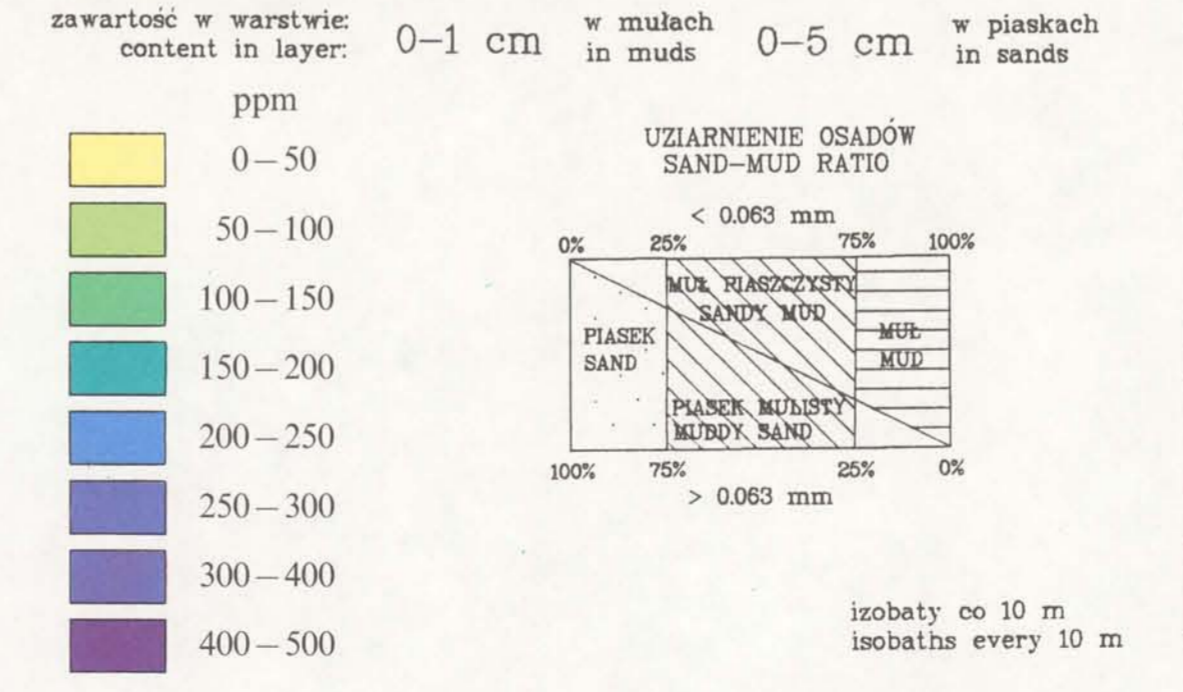
1:500 000



Tablica
Plate V



Ba W OSADACH DENNYCH POŁUDNIOWEGO BAŁTYKU
IN SEDIMENTS OF THE SOUTHERN BALTIC



Opracowanie map w PC ARC/INFO
Map processing in PC ARC/INFO

Opracowanie statystyczne
Statistical processing

Redaktor naukowy
Scientific editor

Wojciech JĘGLIŃSKI
Krzysztof SOKOŁOWSKI
Piotr ANOLIK
Joanna ZACHOWICZ



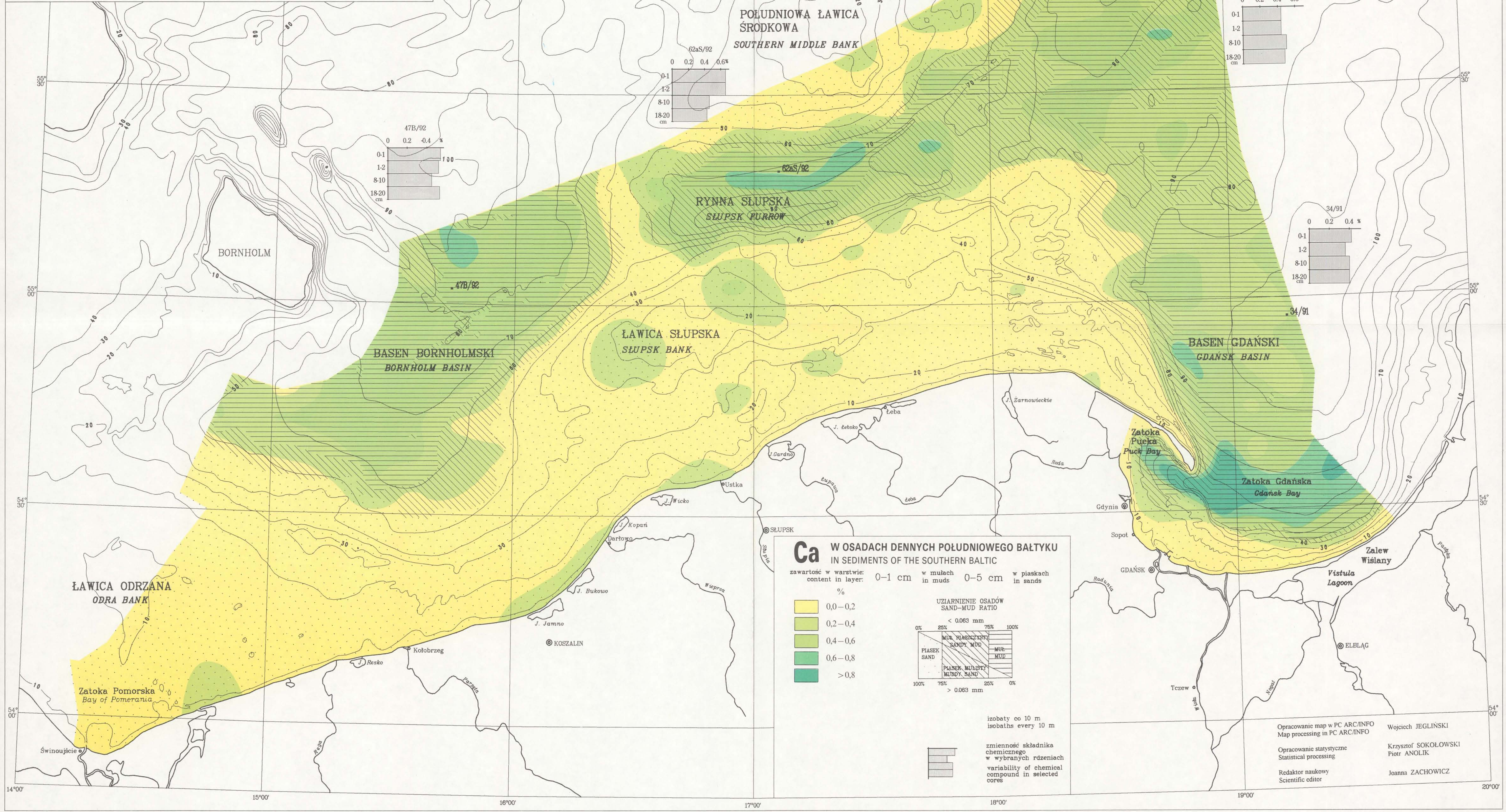
75
LAT DZIAŁALNOŚCI
1919 - 1994
PAŃSTWOWY INSTYTUT GEOLOGICZNY

PAŃSTWOWY
INSTYTUT GEOLOGICZNY

TERESA SZCZEPANSKA, SZYMON USCINOWICZ

ATLAS GEOCHEMICZNY POŁUDNIOWEGO BAŁTYKU
GEOCHEMICAL ATLAS OF THE SOUTHERN BALTIC

1:500 000



Ca W OSADACH DENNYCH POŁUDNIOWEGO BAŁTYKU
IN SEDIMENTS OF THE SOUTHERN BALTIC

zawartość w warstwie: content in layer: 0-1 cm w mulach in muds 0-5 cm w piaskach in sands

0.0-0.2	0.2-0.4	0.4-0.6	0.6-0.8	>0.8
---------	---------	---------	---------	------

UZIARNIENIE OSADÓW SAND-MUD RATIO

< 0.063 mm	0.063 - 0.25 mm	0.25 - 0.63 mm	> 0.63 mm
FIASEK SAND	MUL PIASECZYSTY SANDY MUD	MUL MUD	PIASEK MULECZY MUDDY SAND

izobaty co 10 m isobaths every 10 m

zmiennosc składowa chemicznego w wybranych rdzeniach variability of chemical compound in selected cores

Praca finansowana przez KOMITET BADAŃ NAUKOWYCH oraz NARODOWY FUNDUSZ OCHRONY ŚRODOWISKA I GOSPODARKI WODNEJ

WYDAWNICTWO KARTOGRAFICZNE POLSKIEJ AGENCJI EKOLOGICZNEJ S.A.



Opracowanie map w PC ARC/INFO Map processing in PC ARC/INFO
Opracowanie statystyczne Statistical processing
Redaktor naukowy Scientific editor

Wojciech JĘGLIŃSKI
Krzysztof SOKOŁOWSKI
Piotr ANOLIK
Joanna ZACHOWICZ

Opracowanie graficzne i druk POLSKA AGENCJA EKOLOGICZNA S.A.
Złoc. C-44 424/94 Fig. 225
Redaktor B. CELIŃSKA

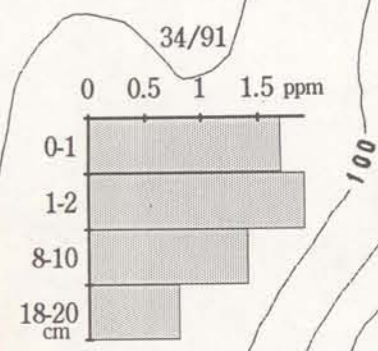
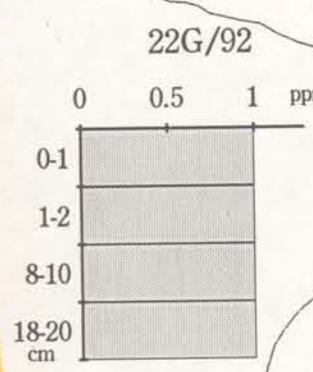
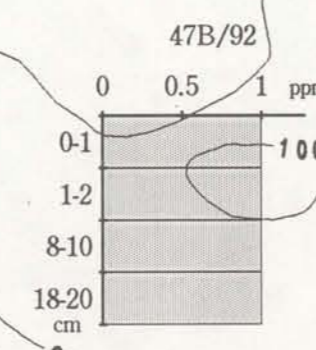
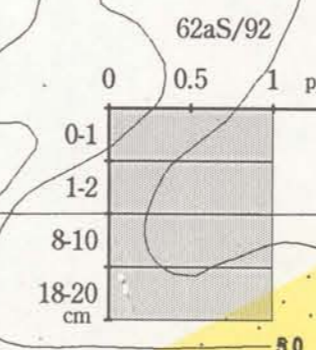
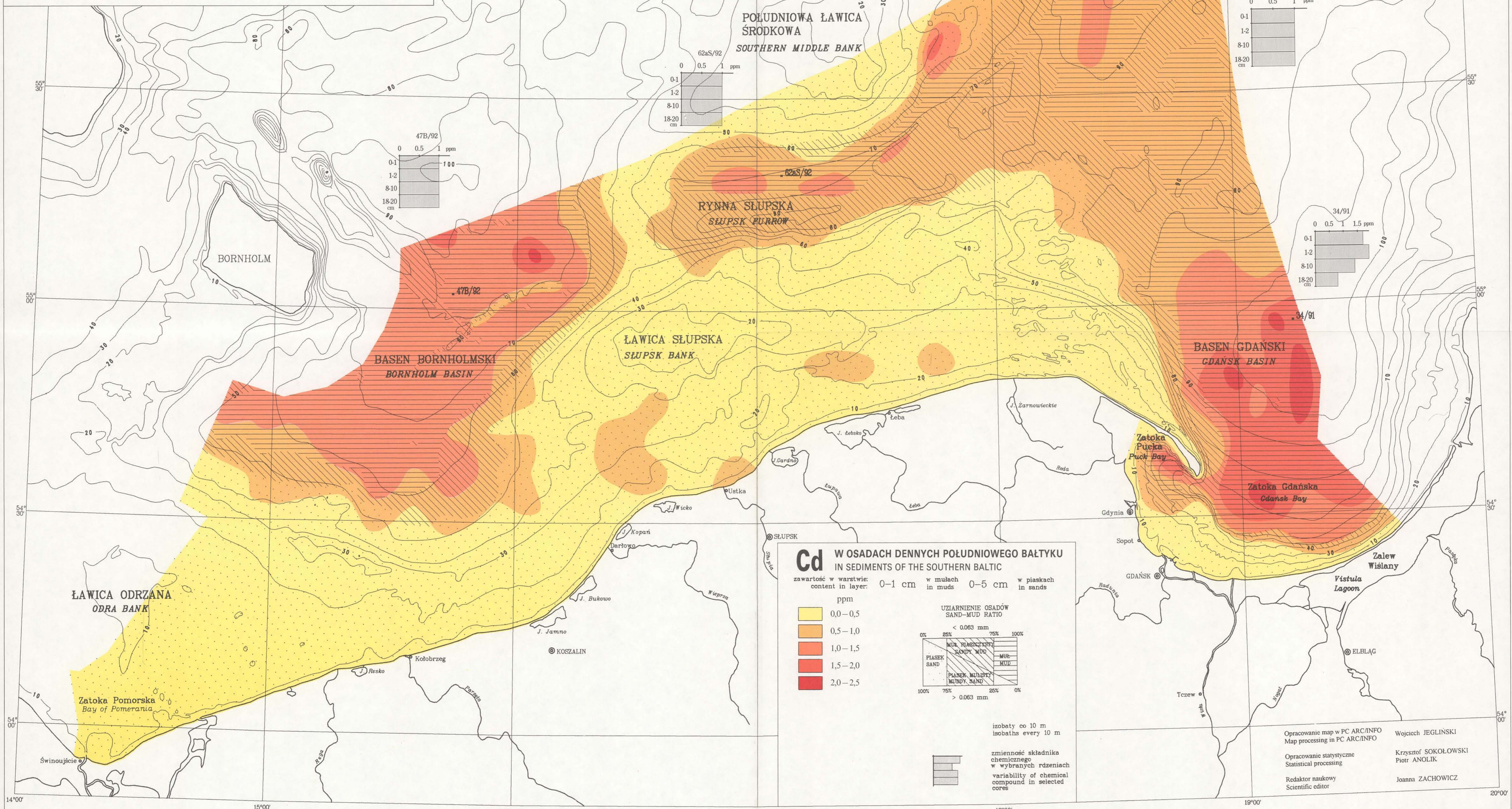


PAŃSTWOWY
INSTYTUT GEOLOGICZNY

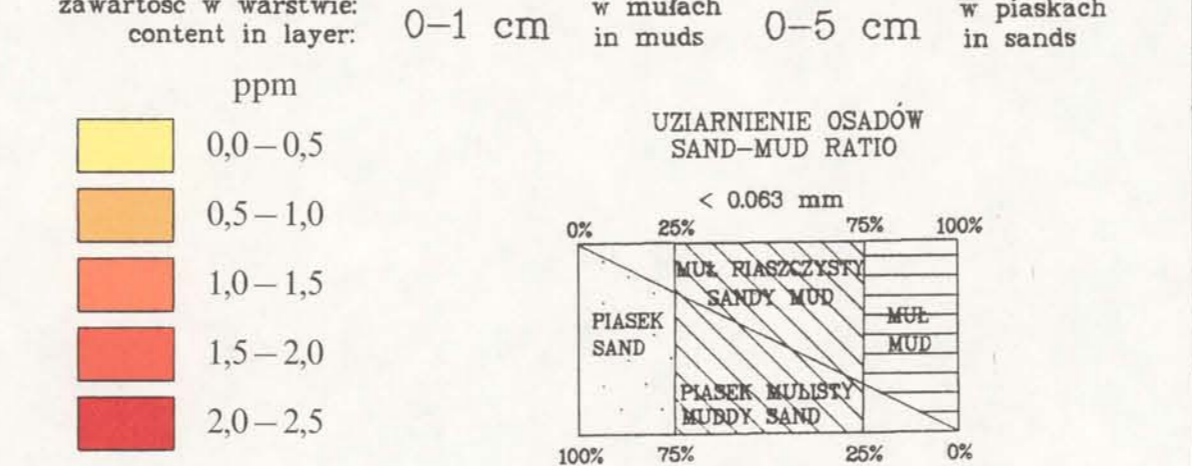
TERESA SZCZEPAŃSKA, SZYMON UŚCINOWICZ

ATLAS GEOCHEMICZNY POŁUDNIOWEGO BAŁTYKU GEOCHEMICAL ATLAS OF THE SOUTHERN BALTIC

1:500 000



Cd W OSADACH DENNYCH POŁUDNIOWEGO BAŁTYKU IN SEDIMENTS OF THE SOUTHERN BALTIC



izobaty co 10 m
isobaths every 10 m

zmienność składowa
chemicznego
w wybranych rdzeniach
variability of chemical
compound in selected
cores





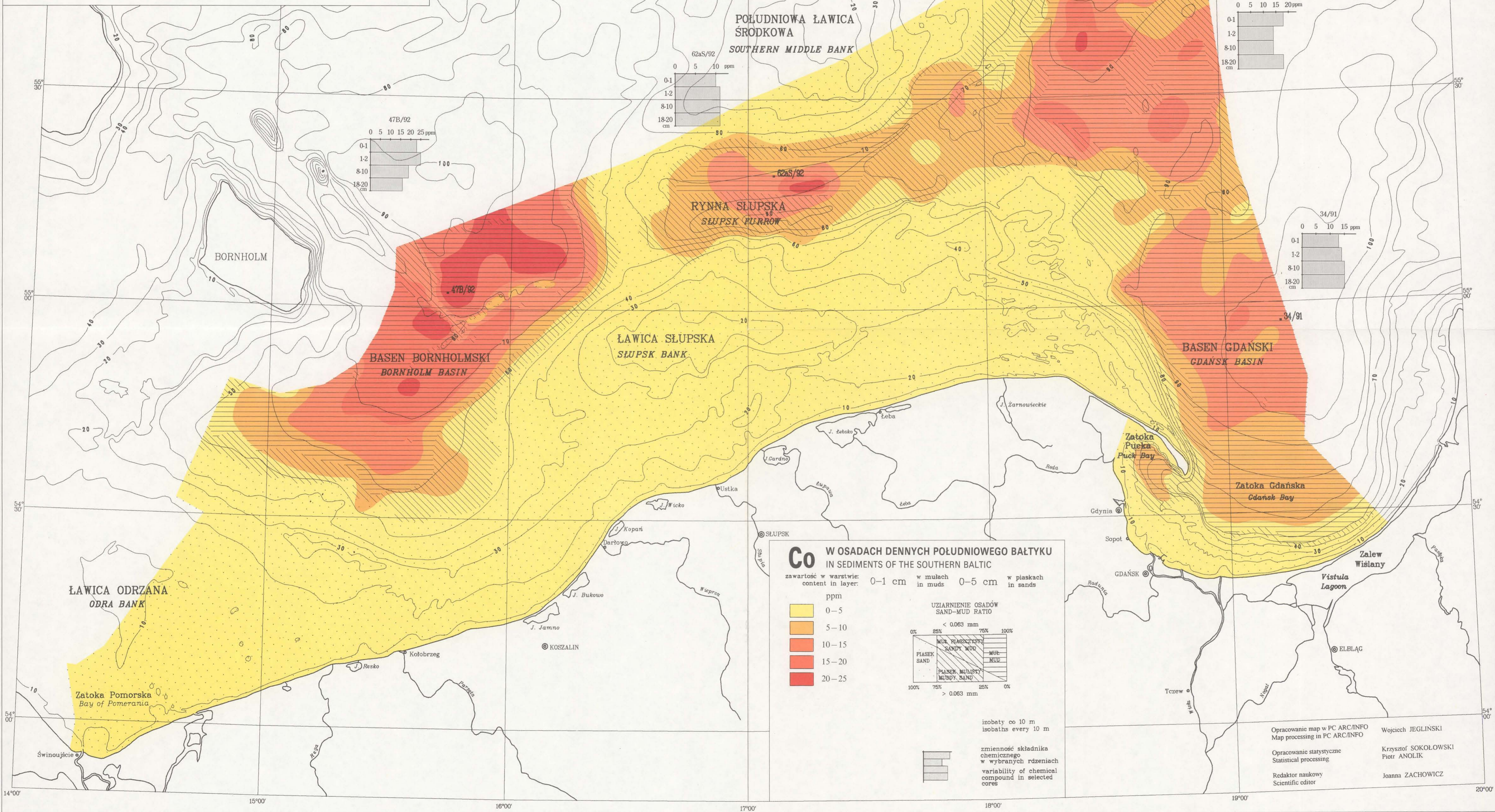
75
LAT DZIAŁALNOŚCI
1919 - 1994
PAŃSTWOWY INSTYTUT GEOLOGICZNY

PAŃSTWOWY
INSTYTUT GEOLOGICZNY

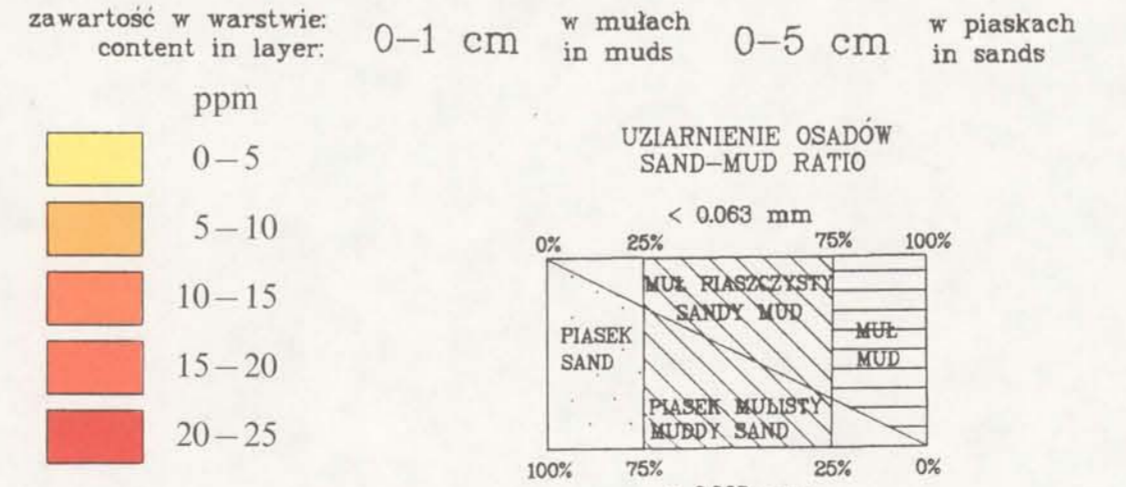
TERESA SZCZEPAŃSKA, SZYMON UŚCINOWICZ

ATLAS GEOCHEMICZNY POŁUDNIOWEGO BAŁTYKU
GEOCHEMICAL ATLAS OF THE SOUTHERN BALTIC

1:500 000



Co W OSADACH DENNYCH POŁUDNIOWEGO BAŁTYKU
IN SEDIMENTS OF THE SOUTHERN BALTIC



izobaty co 10 m
isobaths every 10 m

zmienność składnika chemicznego w wybranych rdzeniach
variability of chemical compound in selected cores

Opracowanie map w PC ARC/INFO
Map processing in PC ARC/INFO
Opracowanie statystyczne
Statistical processing
Redaktor naukowy
Scientific editor

Wojciech JĘGLIŃSKI
Krzysztof SOKOŁOWSKI
Piotr ANOLIK
Joanna ZACHOWICZ





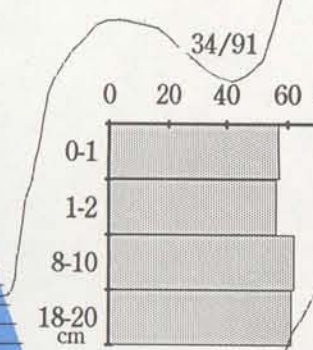
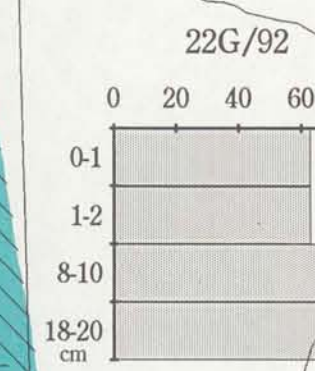
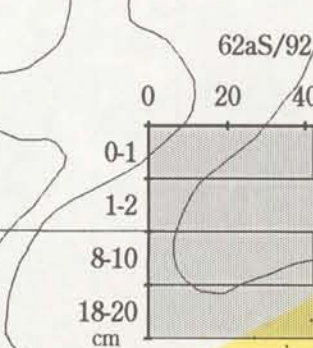
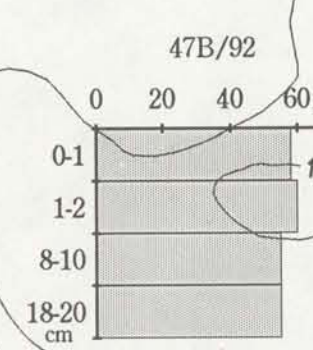
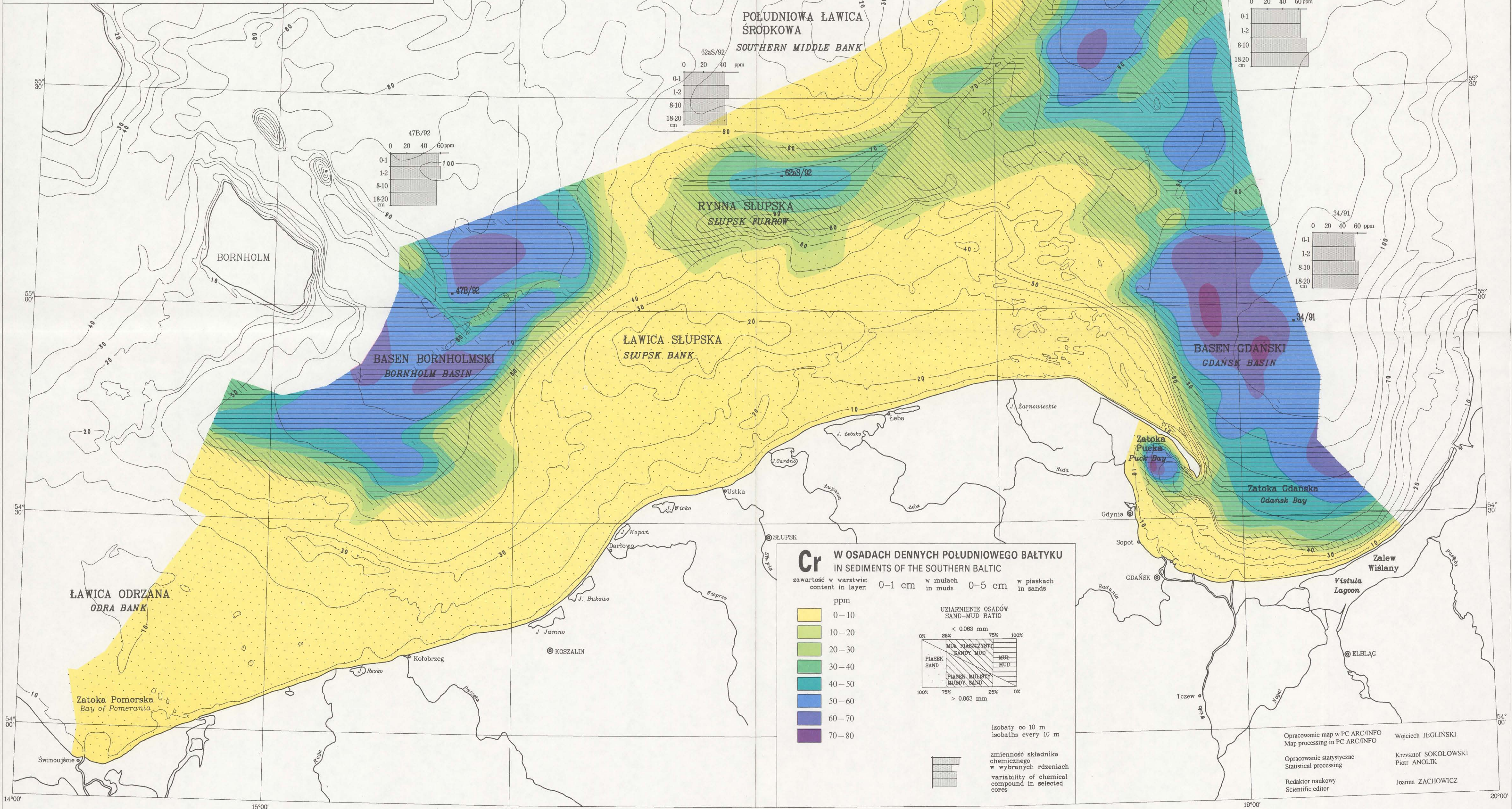
75 LAT DZIAŁALNOŚCI
1919 - 1994
PAŃSTWOWY INSTYTUT GEOLOGICZNY

PAŃSTWOWY
INSTYTUT GEOLOGICZNY

TERESA SZCZEPAŃSKA, SZYMON UŚCINOWICZ

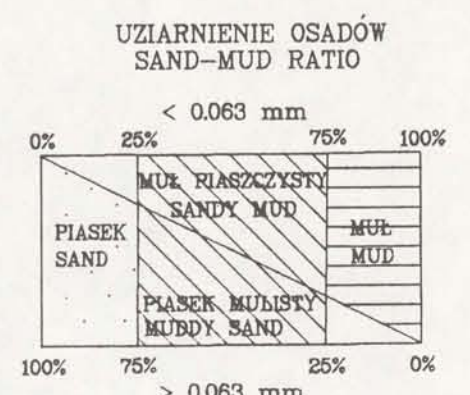
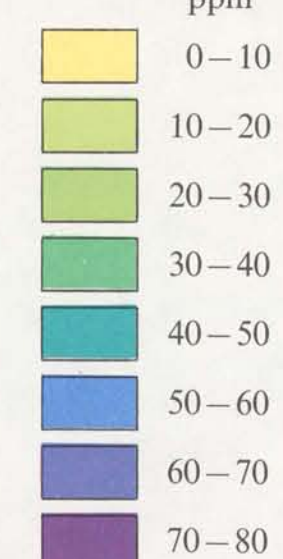
ATLAS GEOCHEMICZNY POŁUDNIOWEGO BAŁTYKU
GEOCHEMICAL ATLAS OF THE SOUTHERN BALTIC

1:500 000

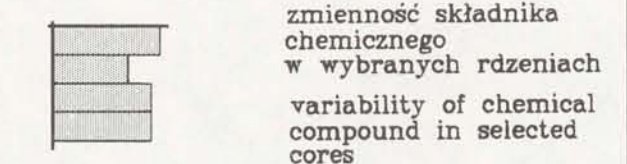


Cr W OSADACH DENNYCH POŁUDNIOWEGO BAŁTYKU
IN SEDIMENTS OF THE SOUTHERN BALTIC

zawartość w warstwie: content in layer: 0-1 cm w mulach in muds 0-5 cm w piaskach in sands



izobaty co 10 m
isobaths every 10 m



Opracowanie map w PC ARC/INFO
Map processing in PC ARC/INFO
Wojciech JEGLIŃSKI

Opracowanie statystyczne
Statistical processing
Krzysztof SOKOŁOWSKI
Piotr ANOLIK

Redaktor naukowy
Scientific editor
Joanna ZACHOWICZ



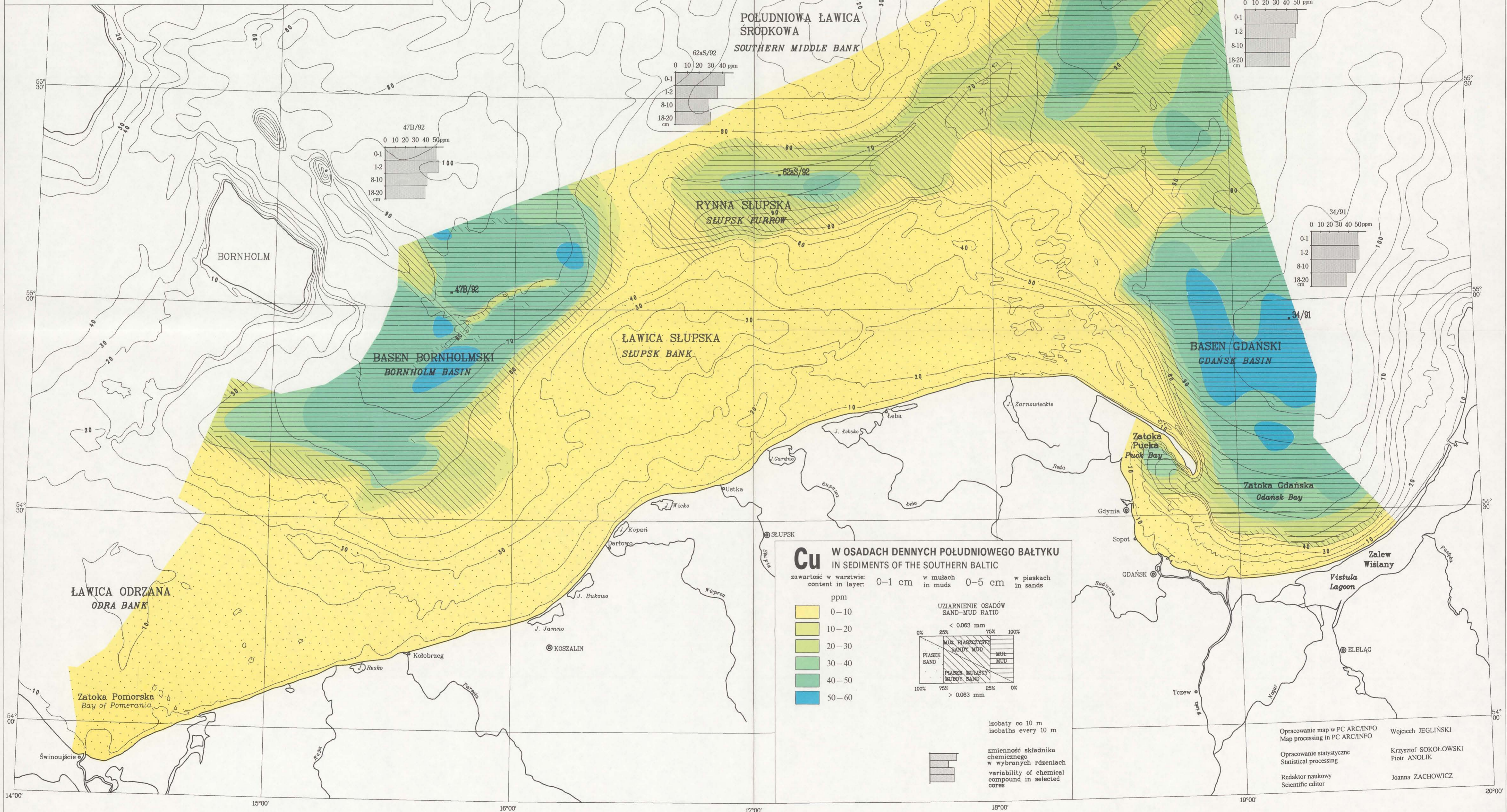
75
LAT DZIAŁALNOŚCI
1919 - 1994
PAŃSTWOWY INSTYTUT GEOLOGICZNY

PAŃSTWOWY
INSTYTUT GEOLOGICZNY

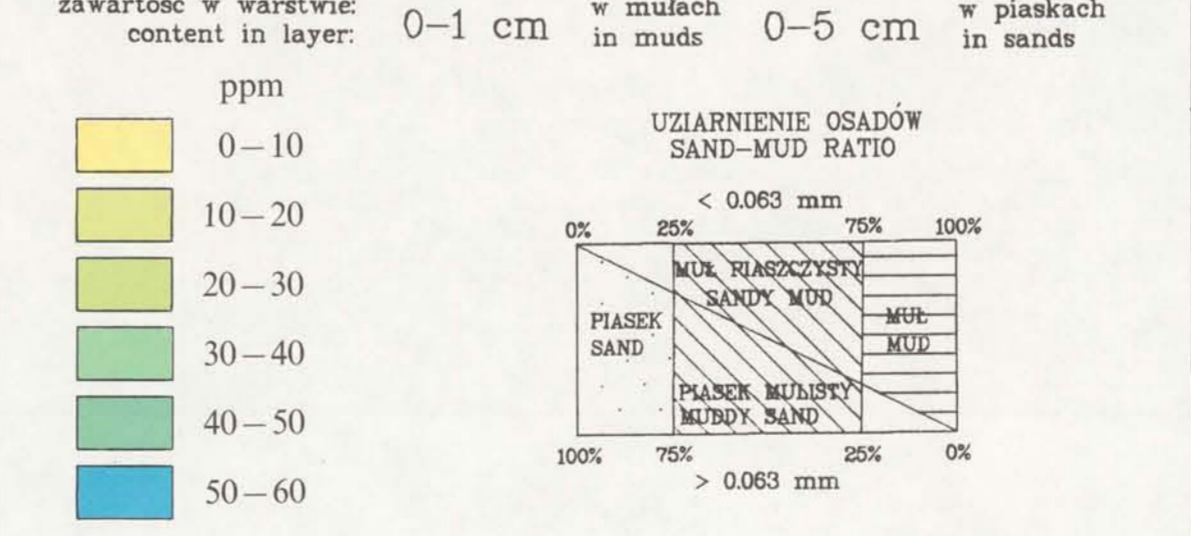
TERESA SZCZEPANSKA, SZYMON UŚCINOWICZ

ATLAS GEOCHEMICZNY POŁUDNIOWEGO BAŁTYKU
GEOCHEMICAL ATLAS OF THE SOUTHERN BALTIC

1:500 000



Cu W OSADACH DENNYCH POŁUDNIOWEGO BAŁTYKU
IN SEDIMENTS OF THE SOUTHERN BALTIC



izobaty co 10 m
isobaths every 10 m

zmienność składu chemicznego w wybranych rdzeniach
variability of chemical compound in selected cores


Opracowanie map w PC ARC/INFO
Map processing in PC ARC/INFO

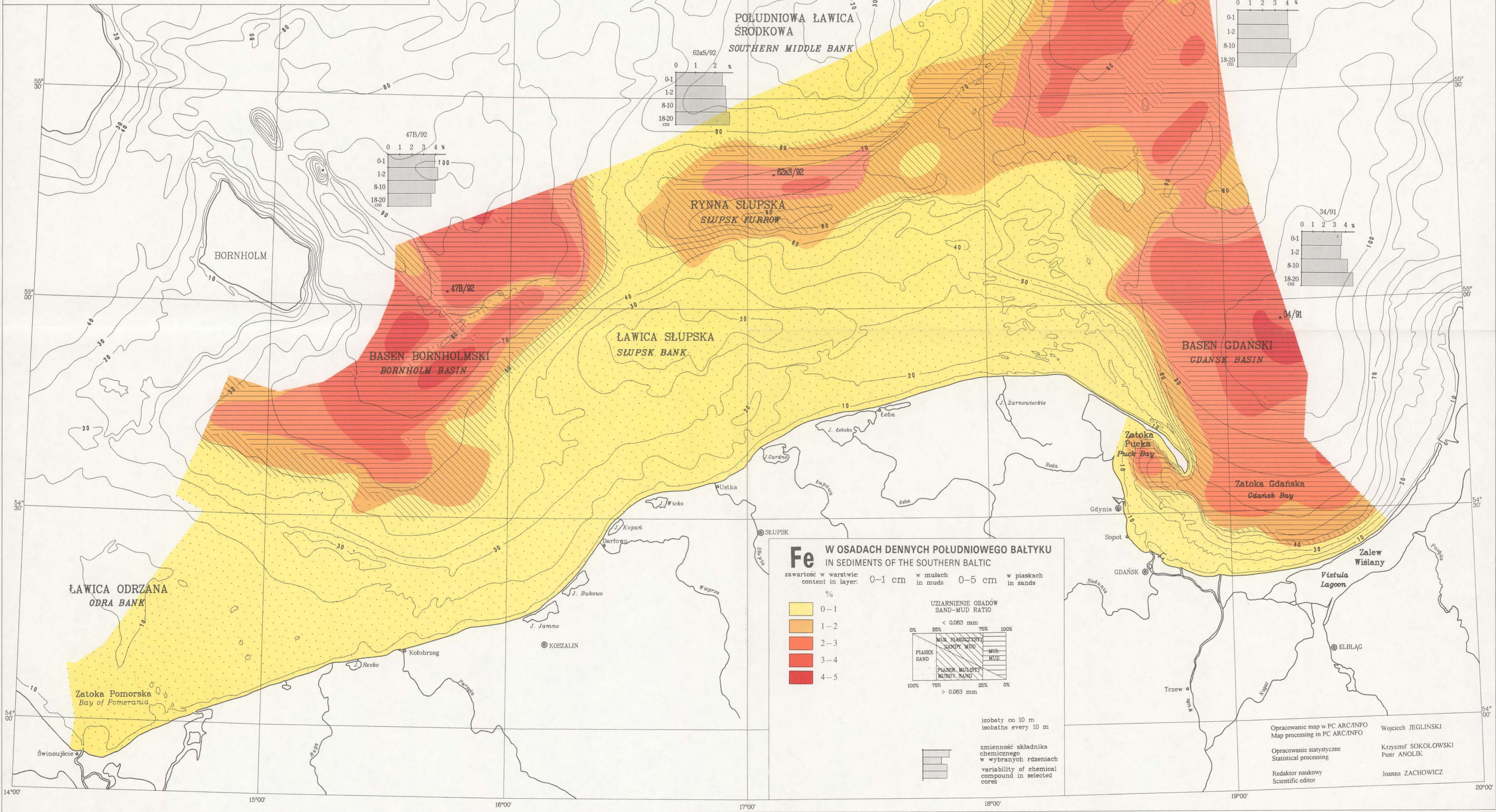
Opracowanie statystyczne
Statistical processing

Redaktor naukowy
Scientific editor

Wojciech JĘGLIŃSKI
Krzysztof SOKOŁOWSKI
Piotr ANOLIK
Joanna ZACHOWICZ




PAŃSTWOWY INSTYTUT GEOLOGICZNY
 TERESA SZCZEPAŃSKA, SZYMON UŚCINOWICZ
ATLAS GEOCHEMICZNY POŁUDNIOWEGO BAŁTYKU
 GEOCHEMICAL ATLAS OF THE SOUTHERN BALTIC
 1:500 000



Fe W OSADACH DENNYCH POŁUDNIOWEGO BAŁTYKU
IN SEDIMENTS OF THE SOUTHERN BALTIC

zawartość w warstwie: 0-1 cm w mulach 0-5 cm w piaskach
 content in layer: in muds in sands

0-1
 1-2
 2-3
 3-4
 4-5

UZIARNIENIE OSADÓW SAND-MUD RATIO

< 0.063 mm		> 0.063 mm	
0%	25%	75%	100%
PIASEK SAND	MUL PIASKOWY SŁABY SANDY MUD	MUL MUD	PIASEK MULARNY MUDDY SAND
100%	75%	25%	0%

izobaty co 10 m
 isobaths every 10 m

zmiennosc składowa chemicznego w wybranych rdzeniach
 variability of chemical compound in selected cores

Praca finansowana przez KOMITET BADAŃ NAUKOWYCH oraz NARODOWY FUNDUSZ OCHRONY ŚRODOWISKA I GOSPODARKI WODNEJ

WYDAWNICTWO KARTOGRAFICZNE POLSKIEJ AGENCJI EKOLOGICZNEJ S.A.

Opracowanie map w PC ARC/INFO Map processing in PC ARC/INFO Wojciech JĘGLIŃSKI
 Opracowanie statystyczne w wybranych rdzeniach Statistical processing Krzysztof SOKOŁOWSKI
 Redaktor naukowy Scientific editor Piotr ANOLIK
 Joanna ZACHOWICZ

Opracowanie graficzne i druk POLSKA AGENCJA EKOLOGICZNA S.A. Zlec. C-44-424/94 Eqp. 225 Redaktor B. CELEŃSKA





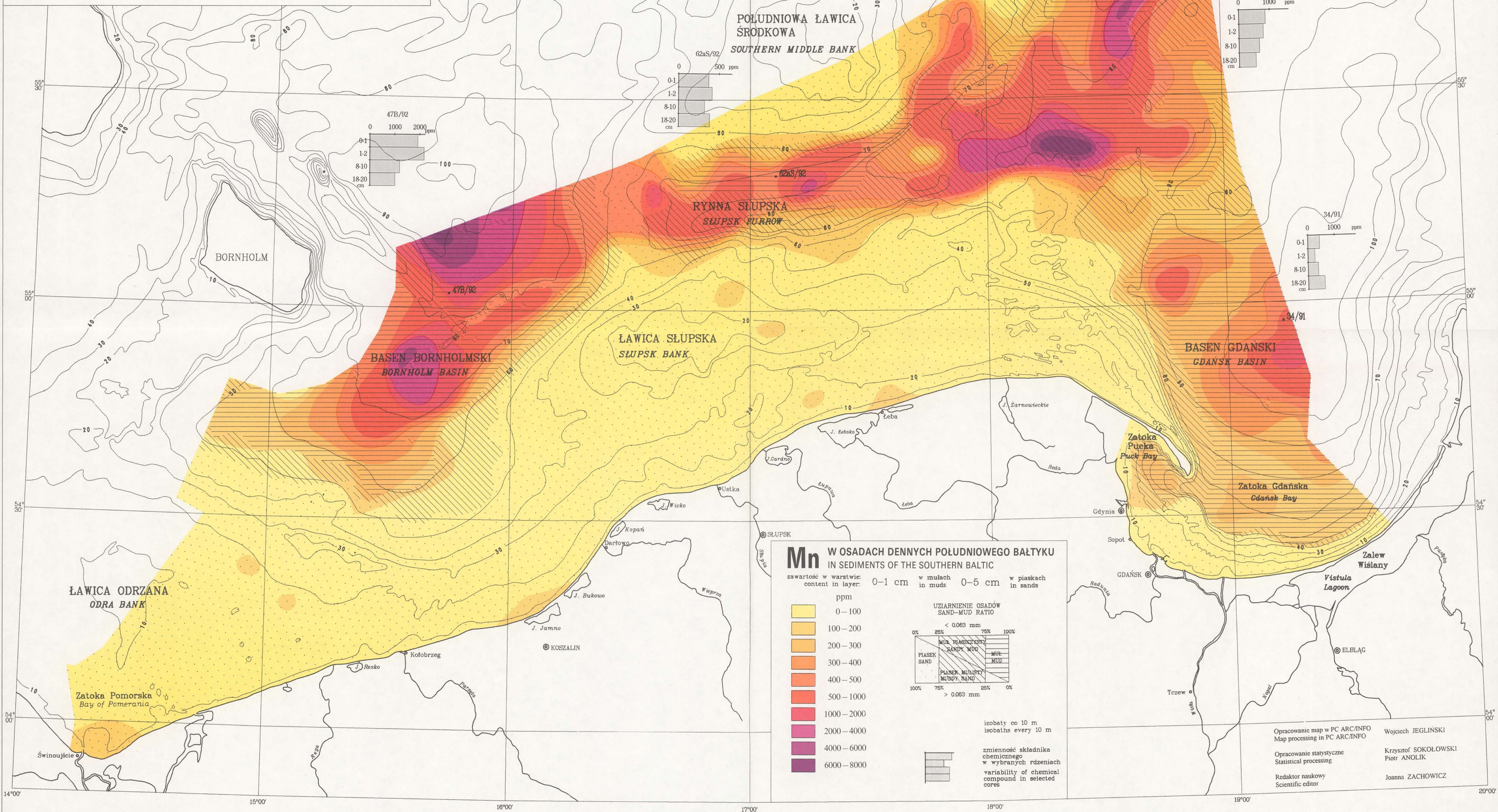
75
LAT DZIAŁALNOŚCI
1919 - 1994
PAŃSTWOWY INSTYTUT GEOLOGICZNY

PAŃSTWOWY
INSTYTUT GEOLOGICZNY

TERESA SZCZEPAŃSKA, SZYMON UŚCINOWICZ

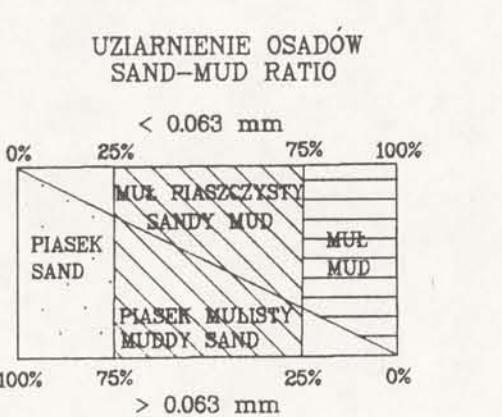
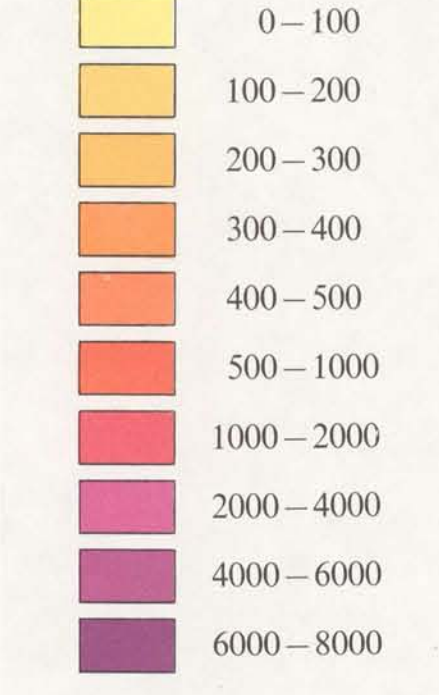
ATLAS GEOCHEMICZNY POŁUDNIOWEGO BAŁTYKU
GEOCHEMICAL ATLAS OF THE SOUTHERN BALTIC

1:500 000



Mn W OSADACH DENNYCH POŁUDNIOWEGO BAŁTYKU
IN SEDIMENTS OF THE SOUTHERN BALTIC


zawartość w warstwie: 0-1 cm w mulach 0-5 cm w piaskach
content in layer: in muds in sands

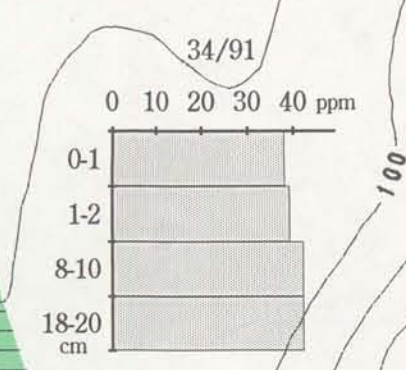
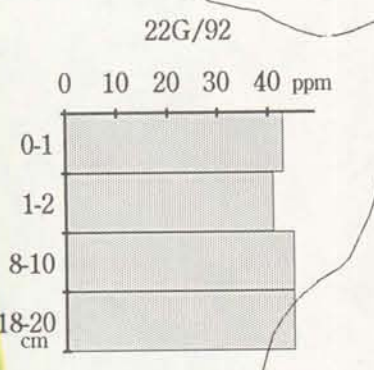
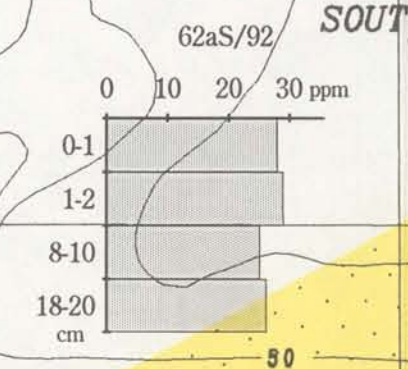
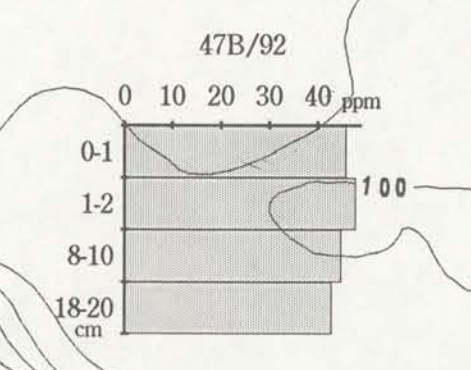
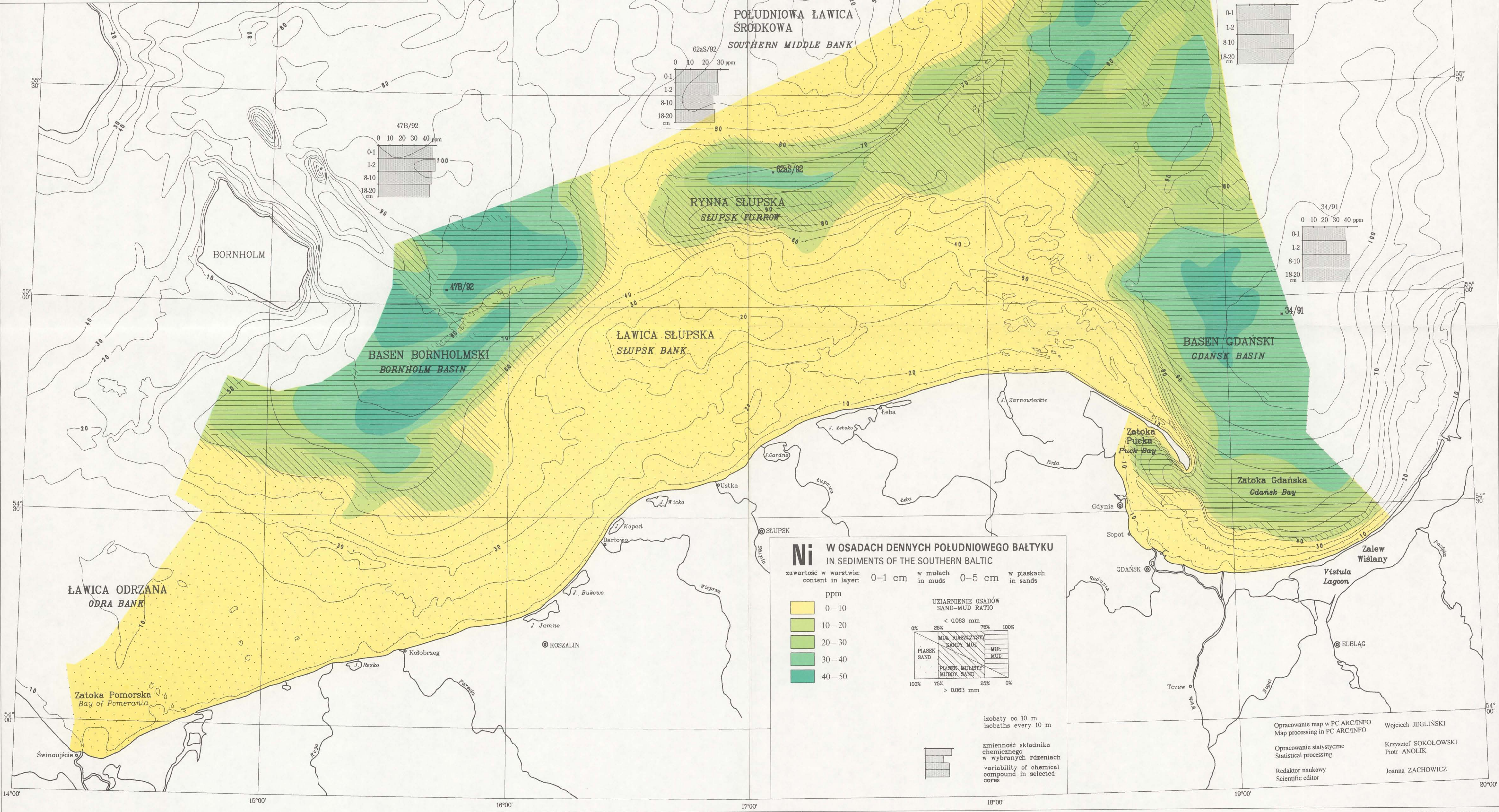


izobaty co 10 m
isobaths every 10 m

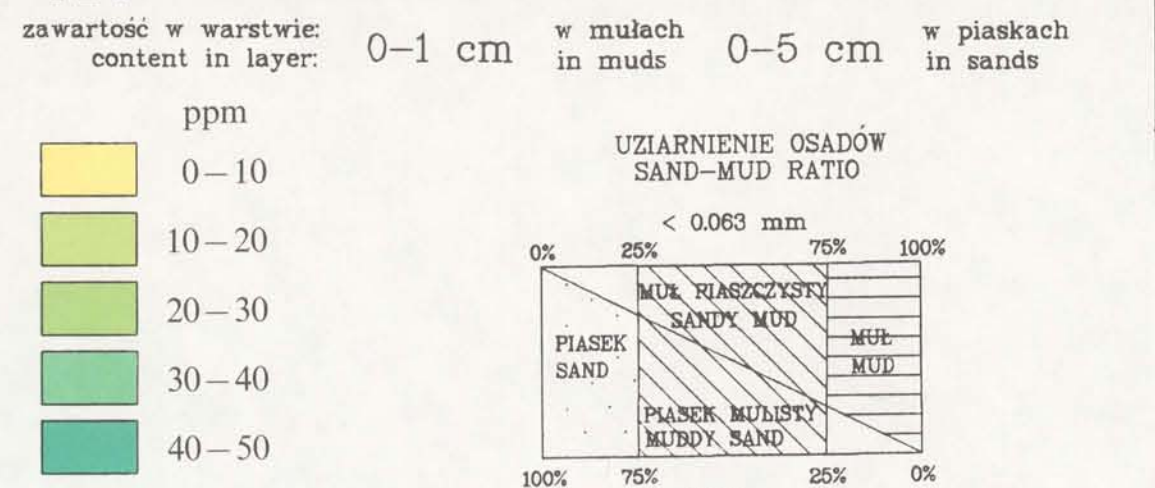
zmiennosc składowa
chemicznego
w wybranych rdzeniach
variability of chemical
compound in selected
cores




PAŃSTWOWY INSTYTUT GEOLOGICZNY
 TERESA SZCZEPAŃSKA, SZYMON UŚCINOWICZ
ATLAS GEOCHEMICZNY POŁUDNIOWEGO BAŁTYKU
 GEOCHEMICAL ATLAS OF THE SOUTHERN BALTIC
 1:500 000



Ni W OSADACH DENNYCH POŁUDNIOWEGO BAŁTYKU
IN SEDIMENTS OF THE SOUTHERN BALTIC



izobaty co 10 m
 isobaths every 10 m

zmienność składu chemicznego w wybranych rdzeniach
 variability of chemical compound in selected cores

Opracowanie map w PC ARC/INFO Map processing in PC ARC/INFO Wojciech JEGLIŃSKI
 Opracowanie statystyczne Statistical processing Krzysztof SOKOŁOWSKI
 Redaktor naukowy Scientific editor Piotr ANOLIK
 Joanna ZACHOWICZ



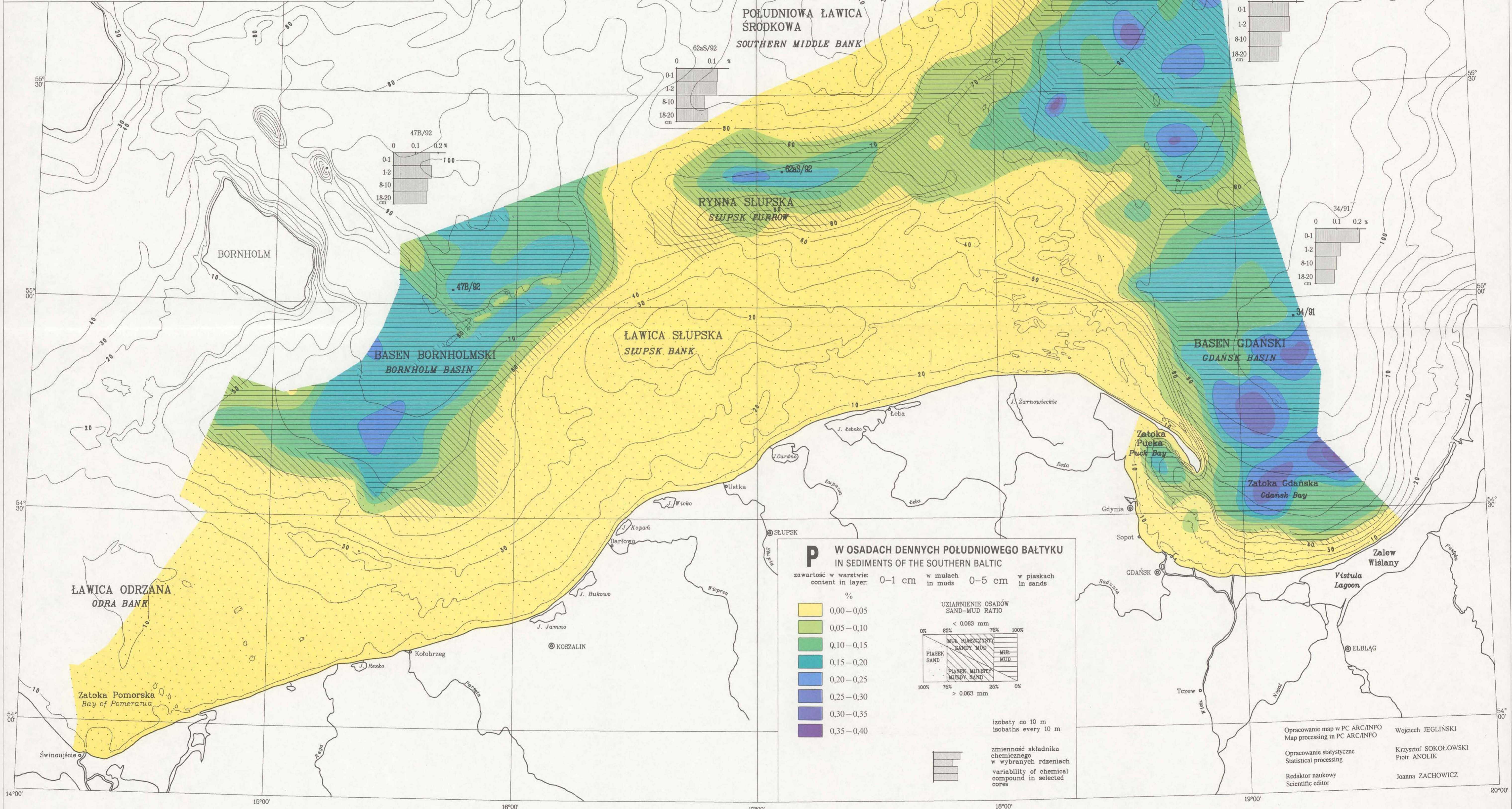
75
LAT DZIAŁALNOŚCI
1919 - 1994
PAŃSTWOWY INSTYTUT GEOLOGICZNY

PAŃSTWOWY
INSTYTUT GEOLOGICZNY

TERESA SZCZEPAŃSKA, SZYMON UŚCINOWICZ

ATLAS GEOCHEMICZNY POŁUDNIOWEGO BAŁTYKU
GEOCHEMICAL ATLAS OF THE SOUTHERN BALTIC

1:500 000



P W OSADACH DENNYCH POŁUDNIOWEGO BAŁTYKU
IN SEDIMENTS OF THE SOUTHERN BALTIC

zawartość w warstwie: content in layer: 0-1 cm w mułach in muds 0-5 cm w piaskach in sands

0.00-0.05	0.05-0.10	0.10-0.15	0.15-0.20	0.20-0.25	0.25-0.30	0.30-0.35	0.35-0.40
-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------

UZIARNIENIE OSADÓW SAND-MUD RATIO

< 0.063 mm	> 0.063 mm
0% 25% 75% 100%	100% 75% 25% 0%
MUL PIŁECZYSTY SANDY MUD	MUL MUD
PIASEK SAND	PIASEK MUŁISTY MUDDY SAND

izobaty co 10 m isobaths every 10 m

zmiennosc składowa chemicznego w wybranych rdzeniach variability of chemical compound in selected cores

Praca finansowana przez KOMITET BADAŃ NAUKOWYCH oraz NARODOWY FUNDUSZ OCHRONY ŚRODOWISKA I GOSPODARKI WODNEJ

WYDAWNICTWO KARTOGRAFICZNE POLSKIEJ AGENCJI EKOLOGICZNEJ S.A.

Opracowanie map w PC ARC/INFO Map processing in PC ARC/INFO
Opracowanie statystyczne Statistical processing
Redaktor naukowy Scientific editor

Wojciech JĘGLIŃSKI
Krzysztof SOKOŁOWSKI
Piotr ANOLIK
Joanna ZACHOWICZ

Opracowanie graficzne i druk POLSKA AGENCJA EKOLOGICZNA S.A.
Zlec. C-44-424/94 Egr. 225
Redaktor B. CELEŃSKA



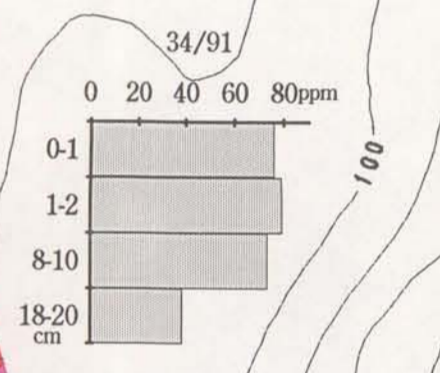
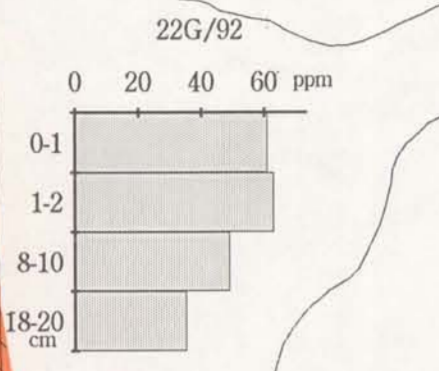
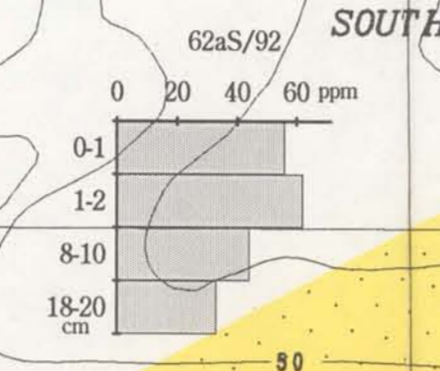
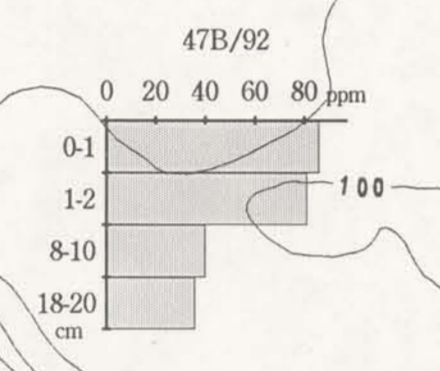
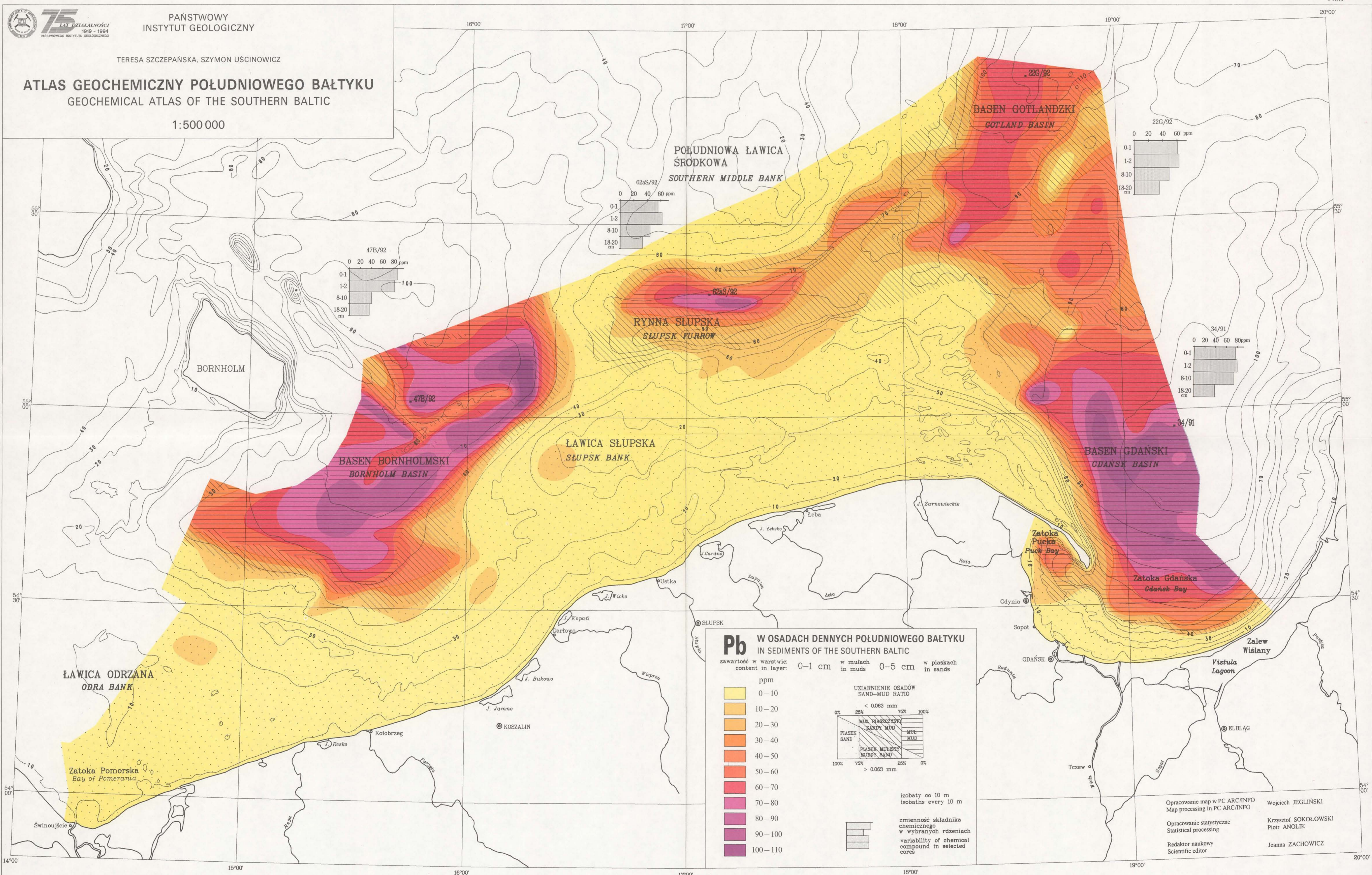
75
LAT DZIAŁALNOŚCI
1919 - 1994
PAŃSTWOWY INSTYTUT GEOLOGICZNY

PAŃSTWOWY
INSTYTUT GEOLOGICZNY

TERESA SZCZEPAŃSKA, SZYMON UŚCINOWICZ

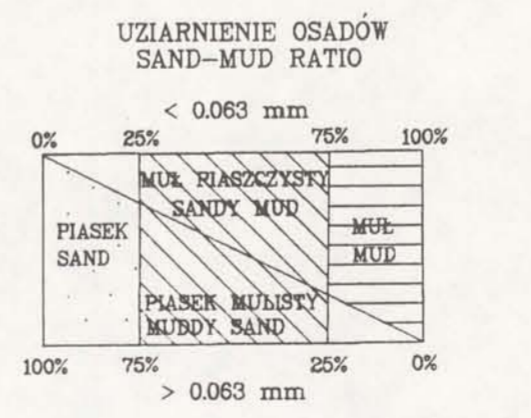
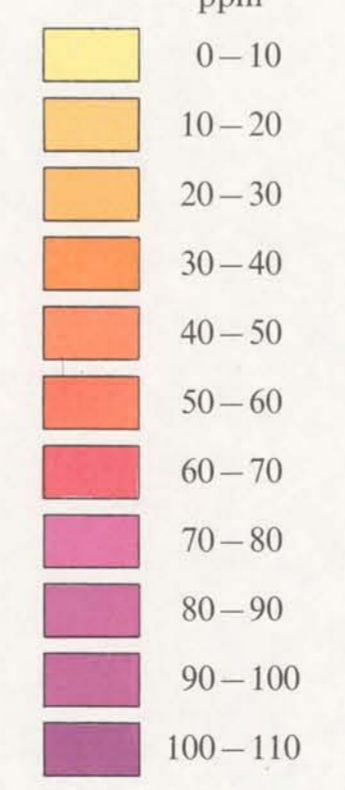
ATLAS GEOCHEMICZNY POŁUDNIOWEGO BAŁTYKU
GEOCHEMICAL ATLAS OF THE SOUTHERN BALTIC

1:500 000



Pb W OSADACH DENNYCH POŁUDNIOWEGO BAŁTYKU
IN SEDIMENTS OF THE SOUTHERN BALTIC

zawartość w warstwie: content in layer: 0-1 cm w mulach in muds 0-5 cm w piaskach in sands




izobaty co 10 m
isobaths every 10 m

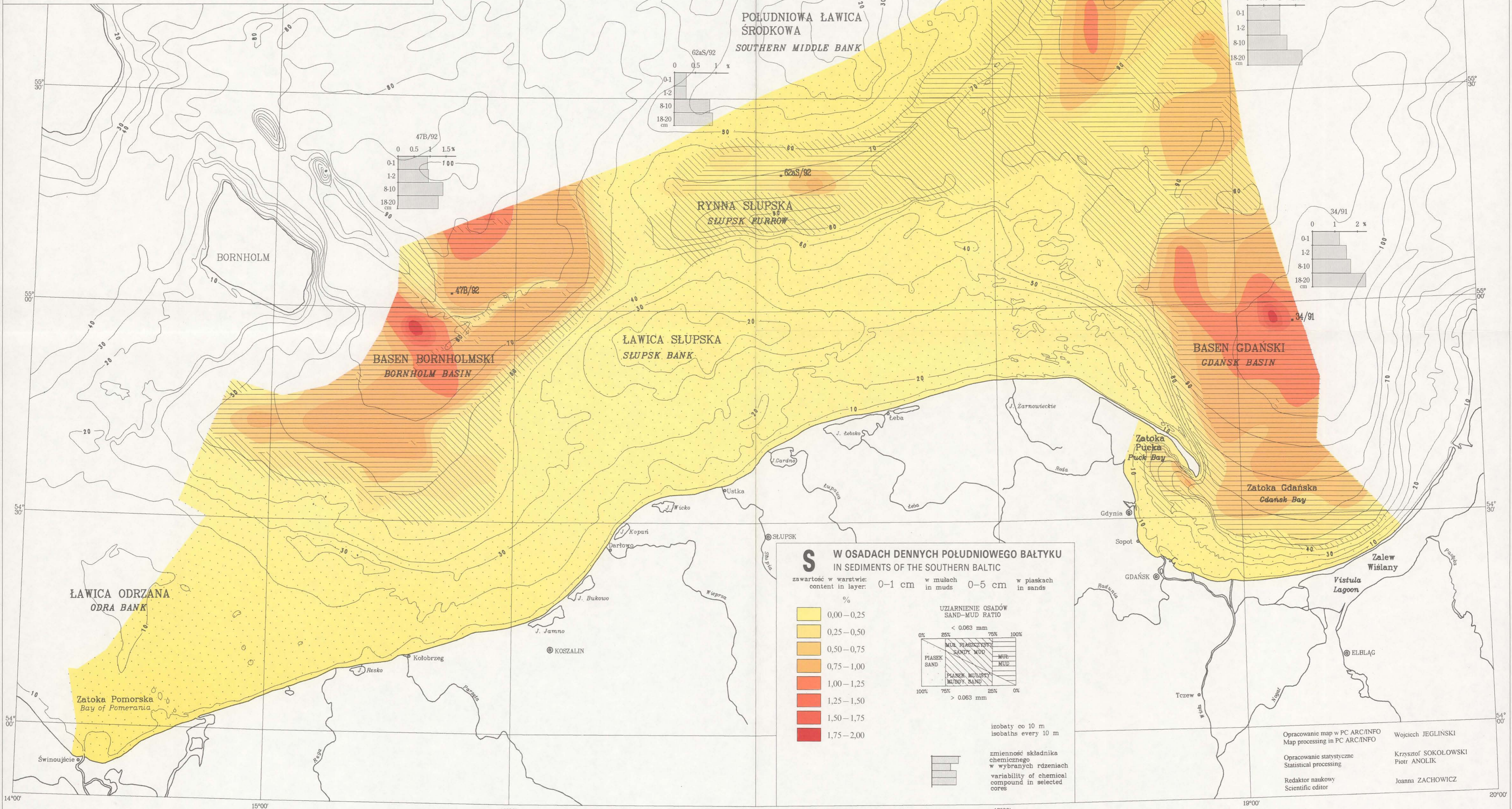
zmiennosc składowa
chemicznego
w wybranych rdzeniach
variability of chemical
compound in selected
cores



Opracowanie map w PC ARC/INFO
Map processing in PC ARC/INFO
Wojciech JEGLIŃSKI
Opracowanie statystyczne
Statistical processing
Krzysztof SOKOŁOWSKI
Piotr ANOLIK
Redaktor naukowy
Scientific editor
Joanna ZACHOWICZ


PAŃSTWOWY INSTYTUT GEOLOGICZNY
 TERESA SZCZEPAŃSKA, SZYMON UŚCINOWICZ
ATLAS GEOCHEMICZNY POŁUDNIOWEGO BAŁTYKU
 GEOCHEMICAL ATLAS OF THE SOUTHERN BALTIC
 1:500 000

Państwowy Instytut Geologiczny
 Biblioteka
 Warszawa
 86820



S W OSADACH DENNYCH POŁUDNIOWEGO BAŁTYKU
IN SEDIMENTS OF THE SOUTHERN BALTIC

zawartość w warstwie: content in layer: 0-1 cm w mulach 0-5 cm w piaskach
in muds in sands

0,00-0,25	0,25-0,50	0,50-0,75	0,75-1,00	1,00-1,25	1,25-1,50	1,50-1,75	1,75-2,00
-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------

UZIARNIENIE OSADÓW SAND-MUD RATIO

< 0.063 mm

0%	25%	75%	100%
PIASEK SAND	MUL PIAKOCZYSTY SANDY MUD	MUL MUD	
100%	75%	25%	0%
	PIASEK MULISTY MUDDY SAND		
			100%

> 0.063 mm

izobaty co 10 m isobaths every 10 m

zmiennosc składowa chemicznego w wybranych rdzeniach variability of chemical compound in selected cores

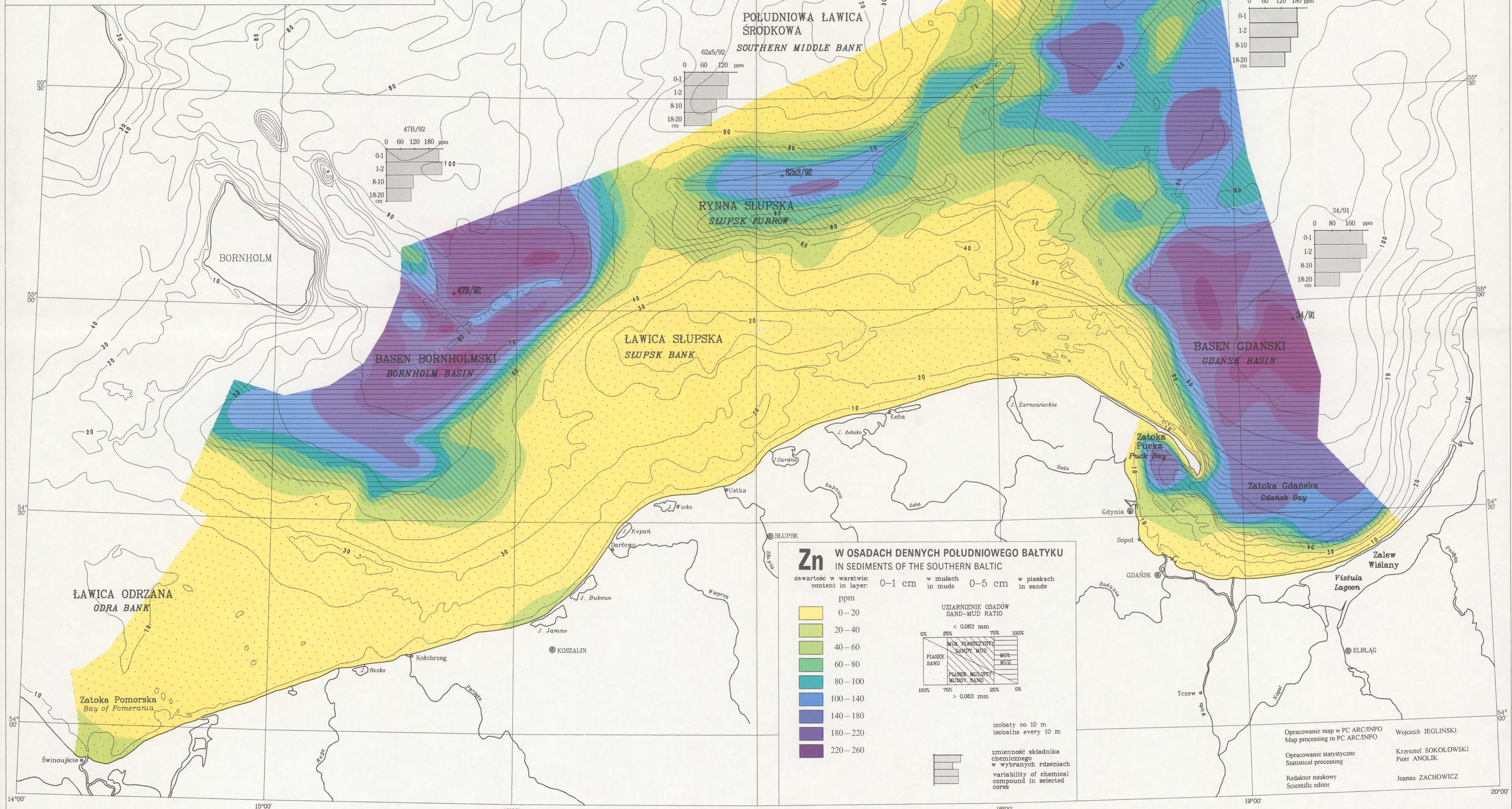
Państwowy Instytut Geologiczny
 Biblioteka
 Warszawa

PAŃSTWOWY
INSTYTUT GEOLOGICZNY

TERESA SZCZEPAŃSKA, SZYMON UŚCINOWICZ

ATLAS GEOCHEMICZNY POŁUDNIOWEGO BAŁTYKU
GEOCHEMICAL ATLAS OF THE SOUTHERN BALTIC

1:500 000

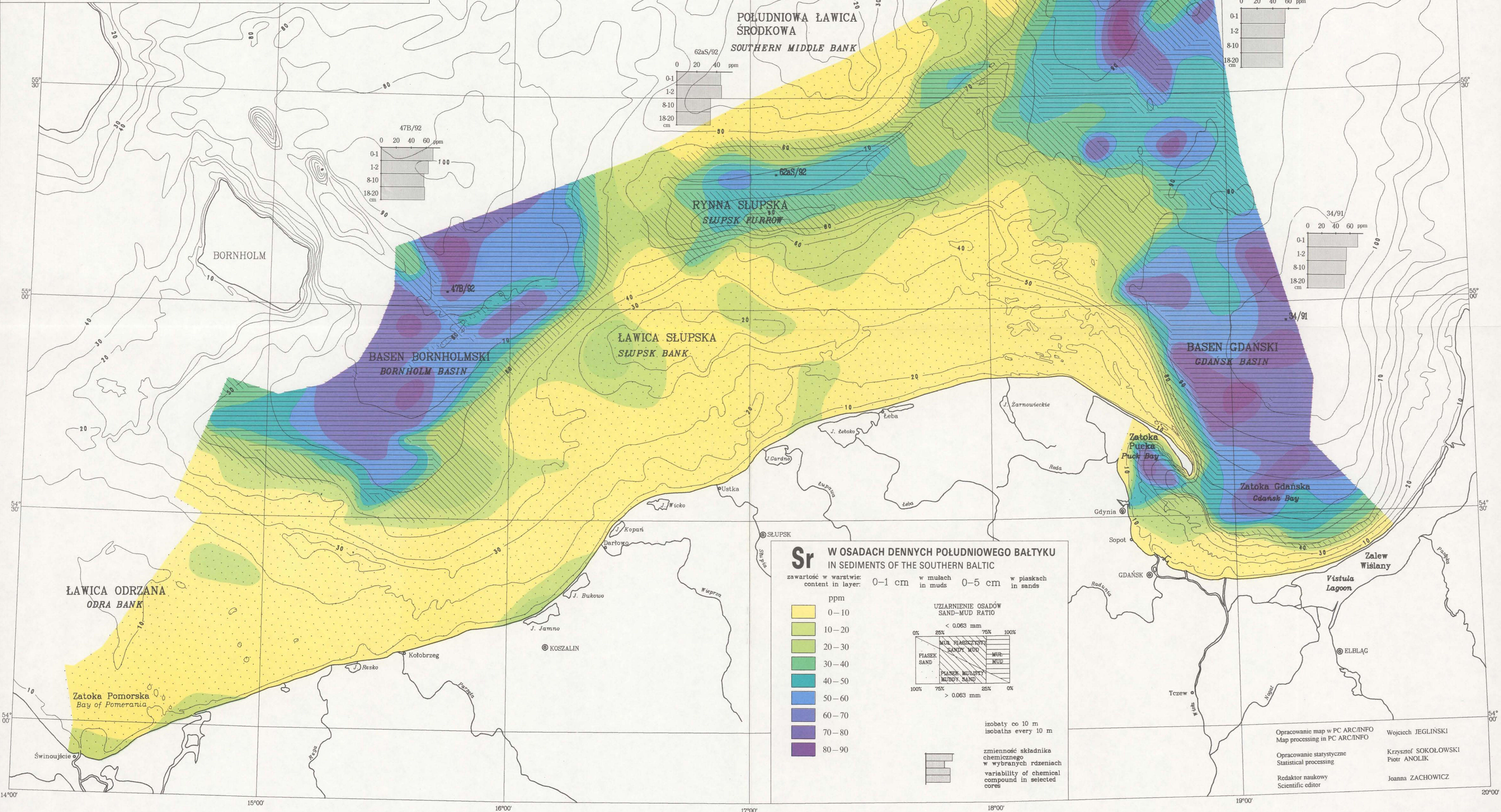


75 LAT DZIAŁALNOŚCI
1919 - 1994
PAŃSTWOWY INSTYTUT GEOLOGICZNY

TERESA SZCZEPAŃSKA, SZYMON UŚCINOWICZ

ATLAS GEOCHEMICZNY POŁUDNIOWEGO BAŁTYKU
GEOCHEMICAL ATLAS OF THE SOUTHERN BALTIC

1:500 000



Sr W OSADACH DENNYCH POŁUDNIOWEGO BAŁTYKU
IN SEDIMENTS OF THE SOUTHERN BALTIC

zawartość w warstwie: content in layer: 0-1 cm w mulach in muds 0-5 cm w piaskach in sands

0-10	10-20	20-30	30-40	40-50	50-60	60-70	70-80	80-90
------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

ppm

IZIARNIENIE OSADÓW SAND-MUD RATIO

< 0.063 mm

0%	25%	75%	100%
PIASEK SAND	MUL PIASKOWY SŁABY SANDY MUD	MUL PIASKOWY SILNY SILTY MUD	MUL MUD
100%	75%	25%	0%
			> 0.063 mm

izobaty co 10 m isobaths every 10 m

zmiennosc składowa chemicznego w wybranych rdzeniach variability of chemical compound in selected cores

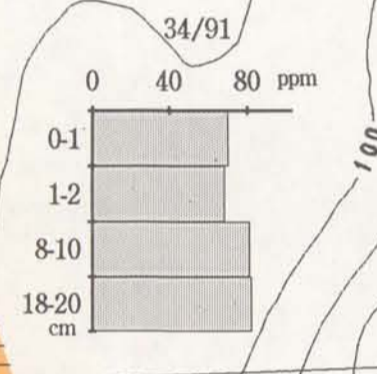
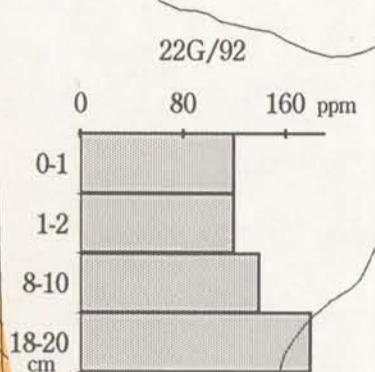
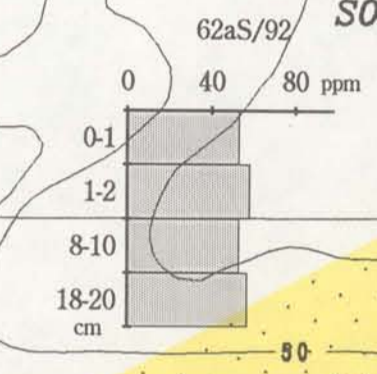
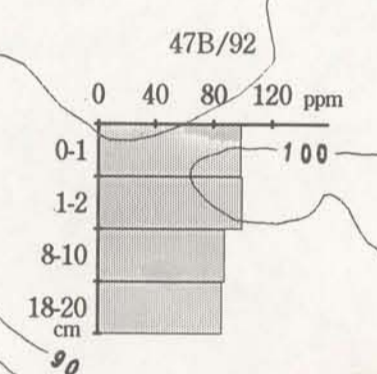
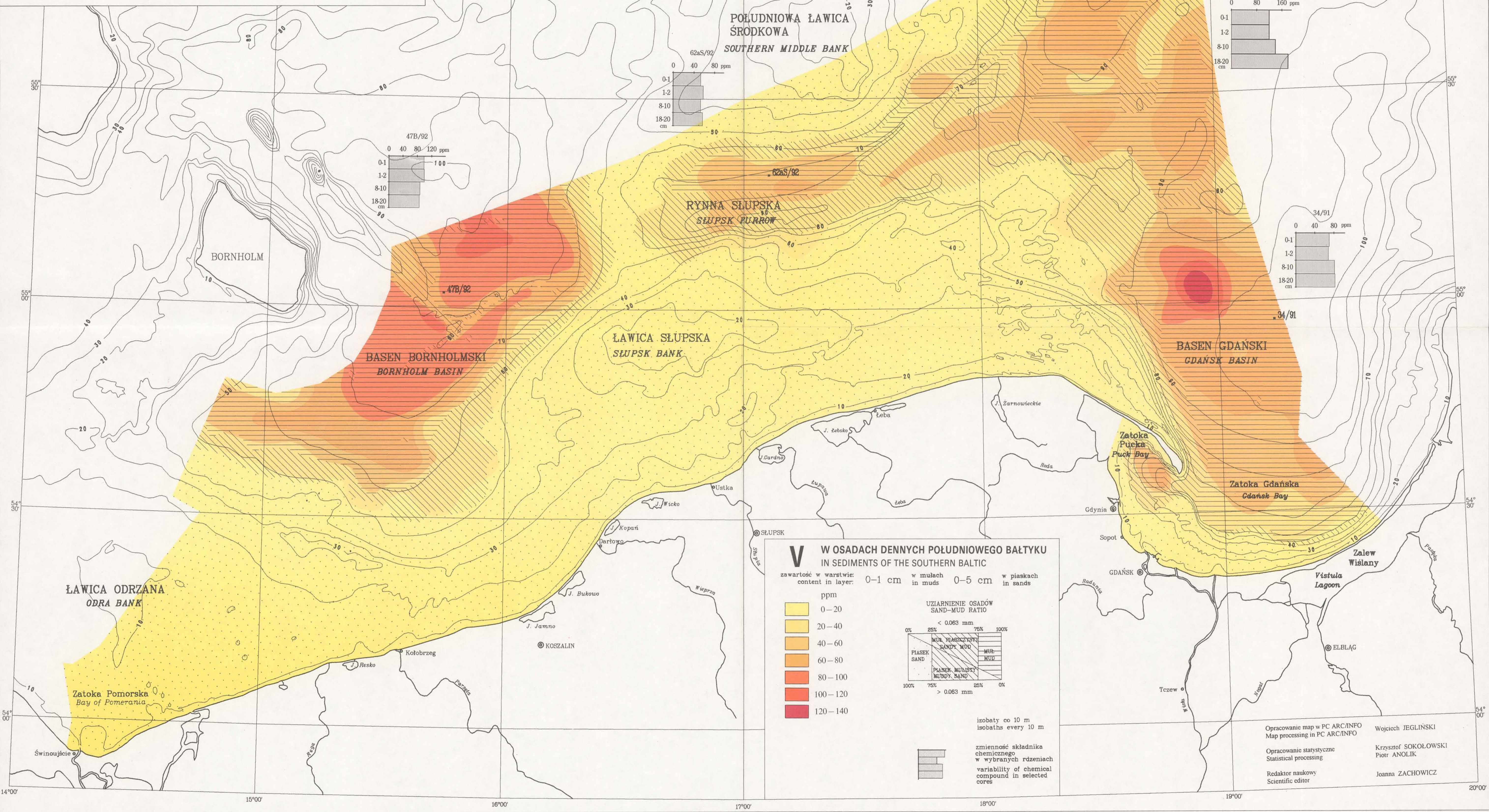


PAŃSTWOWY
INSTYTUT GEOLOGICZNY

TERESA SZCZEPAŃSKA, SZYMON USCINOWICZ

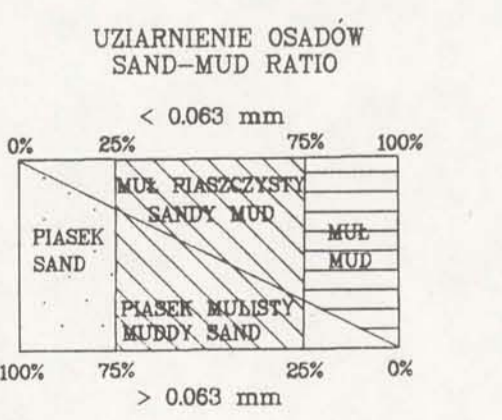
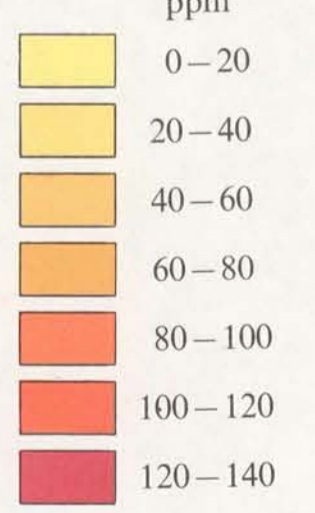
ATLAS GEOCHEMICZNY POŁUDNIOWEGO BAŁTYKU
GEOCHEMICAL ATLAS OF THE SOUTHERN BALTIC

1:500 000



V W OSADACH DENNYCH POŁUDNIOWEGO BAŁTYKU
IN SEDIMENTS OF THE SOUTHERN BALTIC

zawartość w warstwie: content in layer: 0-1 cm w mulach in muds 0-5 cm w piaskach in sands



izobaty co 10 m
isobaths every 10 m

zmiennosc składowa
chemicznego
w wybranych rdzeniach
variability of chemical
compound in selected
cores

Opracowanie map w PC ARC/INFO
Map processing in PC ARC/INFO
Opracowanie statystyczne
Statistical processing
Redaktor naukowy
Scientific editor

Wojciech JEGLIŃSKI
Krzysztof SOKOŁOWSKI
Piotr ANOLIK
Joanna ZACHOWICZ

