



89. ZJAZD NAUKOWY POLSKIEGO TOWARZYSTWA GEOLOGICZNEGO

18-20.09.2025
GDAŃSK

MATERIAŁY ZJAZDOWE



WYDZIAŁ INŻYNIERII
ŁĄDOWEJ I ŚRODOWISKA



**89. ZJAZD NAUKOWY
POLSKIEGO TOWARZYSTWA
GEOLOGICZNEGO**

18-20.09.2025

GDAŃSK

**MATERIAŁY
ZJAZDOWE**

Redakcja naukowa:

Regina Kramarska, Urszula Pączek

Projekt okładki:

Monika Cyrklewicz

Redakcja, projekt, opracowanie typograficzne:

Paweł Zawada



Państwowy Instytut Geologiczny - Państwowy Instytut Badawczy
ul. Rakowiecka 4, 00-975 Warszawa
biuro@pgi.gov.pl; pgi.gov.pl

Warszawa, 2025

ISBN 978-83-68623-50-5



Dofinansowano ze środków
**NARODOWEGO FUNDUSZU
OCHRONY ŚRODOWISKA
i GOSPODARKI WODNEJ**

Organizacja 89. Zjazdu PTGeol jest dofinansowana
ze środków Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska
i Gospodarki Wodnej

Organizator:



Polskie Towarzystwo Geologiczne
Oddział Gdański

Współorganizatorzy:



WYDZIAŁ INŻYNIERII
LĄDOWEJ I ŚRODOWISKA



Patronaty honorowe:



Ministerstwo
Klimatu i Środowiska

PATRONAT HONOROWY:



MIECZYŚLAW STRUK
MARSZAŁEK
WOJEWÓDZTWA POMORSKIEGO



PATRONAT HONOROWY

Prezydent
Miasta Gdańska

Sponsor główny:



Sponsorzy:



GÓRNICCTWO & GEOLOGIA
TOMASZ KWAŚNIEWSKI



Partner:

skurewicz

Partner merytoryczny:



ORLEN
PETROBALTIC

Patronat medialny:

PRZEGLĄD
GEOLOGICZNY

Komitet honorowy:

prof. dr hab. inż. Krzysztof Galos,
Główny Geolog Kraju

prof. dr hab. Krzysztof Szamałek,
Dyrektor Państwowego Instytutu Geologicznego - PIB

prof. dr hab. Tadeusz Peryt,
Prezes Polskiego Towarzystwa Geologicznego

prof. dr hab. inż. Ewa Wojciechowska,
Dziekan Wydział Inżynierii Łądowej i Środowiska Politechniki Gdańskiej

dr hab. Katarzyna Smolarz, prof. UG,
Dziekan Wydziału Oceanografii i Geografii Uniwersytetu Gdańskiego

Prof. dr hab. inż. Bohdan Kozerski,
honorowy członek Polskiego Towarzystwa Geologicznego

Komitet naukowy:

prof. dr hab. Tadeusz Peryt (PIG-PIB) – przewodniczący

prof. dr hab. inż. Bohdan Kozerski (prof. em. PG)

prof. dr hab. Stanisław Mikulski (PIG-PIB)

prof. dr hab. Andrzej Sadurski (prof. em. PIG-PIB i UMK)

prof. dr hab. Krzysztof Szamałek (PIG-PIB)

prof. dr hab. inż. Adam Szymkiewicz (PG)

prof. dr hab. Szymon Uścińowicz (prof. em. PIG-PIB; IBW PAN)

prof. dr hab. Stanisław Wołkowicz (PIG-PIB)

dr hab. inż. Beata Jaworska-Szulc, prof. PG

dr hab. inż. Piotr Krzywiec, prof. ING PAN

dr hab. Leszek Łęczyński, prof. UG

dr hab. Małgorzata Pruszkowska-Caceres, prof. PG

dr hab. Małgorzata Witak, prof. UG

dr Olimpia Kozłowska (PIG-PIB)

dr Edyta Majer (PIG-PIB)

dr Rafał Sikora (PIG-PIB)

dr Joanna Zachowicz (prac. em. PIG-PIB)

Komitet organizacyjny:

dr Regina Kramarska (prac. em. PIG-PIB) – przewodnicząca

dr Wojciech Jegliński (PIG-PIB) – zastępca przewodniczącej

dr Urszula Pączek (PIG-PIB) – sekretarz

dr hab. Anna Hrynowiecka, prof. PIG-PIB

dr hab. Grzegorz Uścińowicz (PIG-PIB)

dr inż. Maria Przewócka (PG)

dr Mirosław Lidzbarski (PIG-PIB)

dr Rafał Sikora (PIG-PIB)

dr Robert J. Sokołowski (UG)

mgr inż. Joanna Walczyk (PTPNoZ)

mgr Paweł Jaskóła (PIG-PIB)

mgr Ewa Dąbrowska-Jędrusik (PIG-PIB)

mgr Ewa Tarnawska (PIG-PIB)

mgr Kamila Wirkus (PIG-PIB)

Słowo wstępne

W 2025 r. mija 90 lat od Zjazdu Polskiego Towarzystwa Geologicznego zorganizowanego na polskim wybrzeżu Bałtyku po raz pierwszy. Spotkanie to odbyło się w 1935 r. w budującej się wówczas Gdyni. Od tego czasu region gdański gościł geologów z całego kraju kilkakrotnie, najczęściej w Gdańsku (w latach 1958, 1990, 2002), a także w Cetniewie (w roku 1972). Na wszystkich dotychczasowych zjazdach prezentowano ówczesny stan badań geologicznych pobrażę bałtyckich, Pojezierza Wschodniopomorskiego, a od zjazdu w Cetniewie – również dna polskich obszarów Bałtyku.

Tegoroczny Zjazd naukowy PTGeol odbywa się w 23. rocznicę poprzedniego spotkania na Ziemi Gdańskiej. W ciągu tych dekad rozwinęły się techniki badawcze i zaznaczył się wyraźny postęp w rozpoznaniu geologicznym pobrażę i dna morskiego. Polski akwen Bałtyku został objęty planem zagospodarowania przestrzennego, który tworzy spójny system zarządzania przestrzenią morską. Wzorem całego kraju zyskał również mapę geośrodowiskową, ukazując problematykę geologiczno-złożową na tle innych komponentów środowiska. Bałtyk wraz z obszarem nadmorskim stał się bardzo atrakcyjny dla wielu inwestycji, głównie związanych z branżą energetyczną.

89. Zjazd zgodnie z hasłem „Badania geologiczne południowego Bałtyku i jego pobrażę – znaczenie dla gospodarki i klimatu” jest okazją do zaprezentowania wyników nowych regionalnych badań geologicznych, aktualnej problematyki dotyczącej wykorzystania kopalin podmorskich i tych występujących na przyległym lądzie, wieloaspektowych zagadnień związanych z realizacją obiektów hydrotechnicznych. Nawiązaniem do kwestii zmian klimatu jest ukazanie wyników badań dokumentujących przemiany środowiska w holocenie oraz przedstawienie geologii i geodynamiki różnych odcinków brzegu morskiego. Należyne miejsce zajmują doniesienia geologiczne spoza Bałtyku i regionu nadmorskiego.

Ważnym celem Zjazdu jest również integracja krajowego środowiska związanego z branżą geologiczną. Udział w Zjeździe zgłosiło ponad 100 osób z 30 instytucji.

Organizacja Zjazdu, której podjął się Oddział Gdański PTGeol przy pomocy Współorganizatorów, była możliwa dzięki życzliwości Patronów Honorowych, wsparciu Sponsora Głównego i Sponsorów oraz Partnerów. Podziękowania za inspiracje kieruję do Komitetu Honorowego i Komitetu Naukowego Zjazdu. Dziękuję Koleżankom i Kolegom z Komitetu Organizacyjnego za zaangażowanie w przygotowaniu wydarzenia.

Wszystkim Państwu życzę pozytywnych wrażeń z pobytu na wybrzeżu, mając nadzieję, że 89. Zjazd spełni oczekiwania merytoryczne i towarzyskie.

Regina Kramarska
Przewodnicząca Komitetu Organizacyjnego
89. Zjazdu Polskiego Towarzystwa Geologicznego

89.

**ZJAZD NAUKOWY
POLSKIEGO
TOWARZYSTWA
GEOLOGICZNEGO**

➤ REFERATY

BUDOWANIE WIEDZY O BASENIE MORZA BAŁTYCKIEGO W WYNIKU PROWADZONEJ AKTYWNOŚCI ORLEN PETROBALTIC, ZWIĄZANEJ Z POSZUKIWANIEM I EKSPLOATACJĄ WĘGLOWODORÓW, JAK RÓWNIEŻ REALIZACJA PROJEKTU DOTYCZĄCEGO DEKARBONIZACJI AKTYWÓW FIRMY

Helena Cygnar¹, Aneta Kubala¹, Alicja Lew¹, Tomasz Noworyta¹,
Artur Wójcikowski¹, Jolanta Zielińska-Pikulska^{1, *}

¹ORLEN Petrobaltic S.A.

**E-mail: jolanta.pikulska@orlen.pl*

Geologia. Wydawać by się mogło, że Synekliza Bałtycka w obszarze działalności ORLEN Petrobaltic, charakteryzuje się stosunkowo prostą budową geologiczną. Najbardziej perspektywicznym i interesującym poziomem dla poszukiwań ropy i gazu są piaskowce środkowokambryjskie. Jednakże, profil pionowy i budowa geologiczna całego rejonu jest badana kompleksowo i jak się okazuje, jest kilka elementów w profilu tego basenu naftowego, które komplikują jego budowę. Takimi elementami są np.: pojawienie się na wynikach badań sejsmicznych kolistej struktury niewiadomego pochodzenia, która może, ale nie musi być związana z impaktytem, występowanie silnego refleksu w sylurze, łączonego ze zjawiskami wulkanicznymi, oraz stwierdzenie zwiększonych miąższości kambru dolnego w profilach otworów poszukiwawczych.

Dekarbonizacja. ORLEN Petrobaltic S.A. prowadzi obecnie kilka innowacyjnych projektów badawczych, m.in. badanie w warunkach rzeczywistych produkcji H₂ z wody morskiej przy wykorzystaniu energooszczędnego systemu odsalania.

Eksploracja. Stan rozpoznania złoża ropy naftowej B8 zmieniał się na przestrzeni lat, przez co na każdym etapie rozpoznania zaskakiwało ono zmieniającymi się warunkowaniami geologicznymi. Po latach eksploatacji, na podstawie danych produkcyjnych i analizy procesu kalibracji modelu dynamicznego (w wyniku systematycznego rozwiercania złoża), postawiono tezę, że dotychczasowy model statyczny (geologiczny) złoża jest zbyt uproszczony i wymaga aktualizacji. Do tego celu wykorzystano wyniki analizy atrybutów sejsmicznych (dekompozycji spektralnej), danych petrofizycznych oraz analizy facjalnej. Na ich podstawie wskazano obszary o zróżnicowanych parametrach petrofizycznych, wyznaczono rozkład przestrzenny kanałów przepływu mediów złożowych, co pozwala na lepsze zrozumienie rejestrowanych parametrów złożowych w otworach podczas prowadzenia eksploatacji. Finalnie, zabieg ten pozwolił uzyskać lepsze dopasowanie wyników symulacji dynamicznych do realnych danych eksploatacyjnych.

POLIHALIT W GLOBALNYM RYNKU NAWOZÓW K-MG A ROLA I PERSPEKTYWY ŻŁÓŻ W POLSCE

Karol Durkowski^{1, *}

¹KGHM CUPRUM Sp. z o.o., Centrum Badawczo-Rozwojowe

*E-mail: karol.durkowski@kghmcuprum.com

Polihalit jest minerałem ewaporacyjnym, pod względem chemicznym to uwodniony siarczan potasu, wapnia i magnezu o wzorze $K_2Ca_2Mg(SO_4)_4 \cdot 2(H_2O)$, (Kemp i in., 2016). Razem z langbajnittem i kizerytem stanowi on tzw. siarczanowe sole potasowo-magnezowe. Polihalit to stały nieorganiczny nawóz makroskładnikowy. Zawiera zarówno podstawowy makroskładnik w postaci potasu, jak i drugorzędne makroskładniki w postaci wapnia, magnezu i siarki.

Rozwój projektów górniczych soli potasowo-magnezowych na świecie dotyczy najczęściej złóż typu chlorkowego (MOP – 90% całego rynku potasu). Dominującymi producentami są przede wszystkim takie kraje jak Kanada: (38% udziału w rynku światowym), Rosja (18%), Chiny (12%), Białoruś (10%) i Izrael (6,1%), (<https://natural-resources.canada.ca>). Udostępnianie złóż soli potasowo-magnezowych typu siarczanowego (SOP) jest rzadkością i obecnie jest realizowany jedynie jeden projekt górniczy, tj. Woodsmith (North Yorkshire w Wielkiej Brytanii). Polihalit wydobywany jest również w kopalni Boulby w North Yorkshire w Wielkiej Brytanii.

Światowe zapotrzebowanie na nawozy stale rośnie o ok. 2% rocznie, a sam rynek nawozów potasowych o ok. 3%. Największą dynamiką wzrostu charakteryzują się nawozy siarczanowe, bezchlorkowe (+2,9%/rok SOP i +8,2% SOPM; Król i in., 2022).

Jedynie rozpoznane i udokumentowane złoża polihalitu w Polsce występują w okolicach Zatoki Puckiej – „Mieroszyno”, „Chłapowo-Mieroszyno”, „Zdrada” oraz „Swarzewo” (Orska, Duchnowski, 1980; Durkowski, 2024). Pod względem geologiczno-górnym, najbardziej perspektywiczne wydaje się złożo „Mieroszyno”. Do chwili obecnej KGHM Polska Miedź S.A. wykonało 21 otworów wiertniczych, z czego dane z 19 otworów przyczyniły się do wykonania w 2024 r. dokumentacji geologicznej w kat. C₁ i C₂ złoża soli potasowo-magnezowej „Mieroszyno”. Złożo „Mieroszyno” występuje w granicach cechsztyńskiego wydziałenia anhydrytu dolnego A1d, które wykazuje znaczne różnice miąższości i objawia się występowaniem obszarów wyniesionych (platform) i obniżonych (basenów; m.in. Peryt i in., 1985; Peryt, Antonowicz, 1990) Największe miąższości kopaliny polihalitu korelują się z największymi miąższościami anhydrytu A1d i zanikają lub występują nieregularnie w basenach solnych wypełnionych przez najstarszą sól kamienną. Ponadto, występowanie mine-

ralizacji polihalitowej ma ścisły związek z konkretnymi odmianami litofacjalnymi anhydrytów, tj. anhydrytem masywnym z pseudomorfozami po kryształach gipsu oraz anhydrytem masywnym, klastycznym. Wraz ze zmianą litofacji na anhydryty warstwowe, laminowane czy brekcje anhydrytowe następuje dość gwałtowny spadek występowania mineralizacji polihalitowej i jej niemalże całkowity zanik (Durkowski, 2024). W profilu A1d można wyróżnić kilka poziomów polihalitonośnych. Największe miąższości tych poziomów stwierdzono w obrębie górnych, rzadziej środkowych części profilu platformy anhydrytu dolnego A1d. Forma, granice czy pierwotna morfologia odmian poziomów litofacjalnych, a także wykształcenie morfologii stropu A1d, wpłynęły na geometrię przestrzennych granic złoża. Tym samym, poziomy złożowe kopaliny polihalitu, występujące w najwyższej części anhydrytu dolnego A1d, charakteryzują się zmniejszaniem swej miąższości wraz ze wzrostem odległości od najbliższych wyniesień platformy anhydrytowej A1d, przyjmując formę rozległej soczewy o stosunkowo płaskim stropie i nieco wypukłym spągu (Durkowski, 2024).

Biorąc pod uwagę prace Głuszyńskiego i in. (2024) oraz Monerona (2024), a także analizy grawimetryczne i dane otworowe można przypuszczać, że poszczególne złoża polihalitów w okolicy Zatoki Puckiej są ze sobą połączone systemem platform siarczanowych.

LITERATURA

- DURKOWSKI K., 2024. Dokumentacja geologiczna soli potasowo-magnezowej „Mieroszyno”. KGHM Cuprum Sp. z o.o. Centrum Badawczo-Rozwojowe.
- GŁUSZYŃSKI A., JAROSIŃSKI M., DĄBROWSKI M., PERYT T., 2024. Giant polygonal anhydrite ridges in the Southern Permian Basin. *Geology*, **53** (2): 109–113.
- KEMP S.J., SMITH F.W., WAGNER D., MOUNTENEY I., BELL C.P., MILNE C.J., GOWING C.J.B., POTTAS T.L., 2016. An Improved approach to characterize potash-bearing evaporite deposits, evidenced in North Yorkshire, United Kingdom. *Economic Geology*, **111**: 719–742.
- KRÓL M., 2022. Analiza możliwości przeróbki urobku ze złóż potasowo-magnezowych w kontekście uzysku produktów marketingowych, w oparciu o materiał rdzeniowy pochodzący z eksploracji KGHM w rejonie Pucka. KGHM

- Cuprum Sp. z o.o. Centrum Badawczo-Rozwojowe we Wrocławiu.
- MONERON J., 2024. Major heterogeneity in evaporitic depositional systems: The Genesis of kilometre-scale gypsum networks in the Zechstein Basin. *Global and Planetary Change*, **246** (12): 104710.
- ORSKA J., DUCHNOWSKI Z., 1980. Dodatek wraz z uzupełnieniem do dokumentacji geologicznej złoża polihality i soli kamiennej „Chłapowo–Mieroszyno”. Inst. Geol., Zakł. Złóż Ropy, Soli i Sur. Chem., Warszawa.
www1: <https://natural-resources.canada.ca>.

KENOZOIK PÓŁNOCNO-ZACHODNIEJ CZĘŚCI POLSKICH OBSZARÓW MORSKICH W ZAPISIE GEOFIZYCZNYM

Dorota Kaulbarsz^{1,*}, Regina Kramarska¹, Piotr Krzywiec²

¹ Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy, Oddział Geologii Morza

² Instytut Nauk Geologicznych Polskiej Akademii Nauk

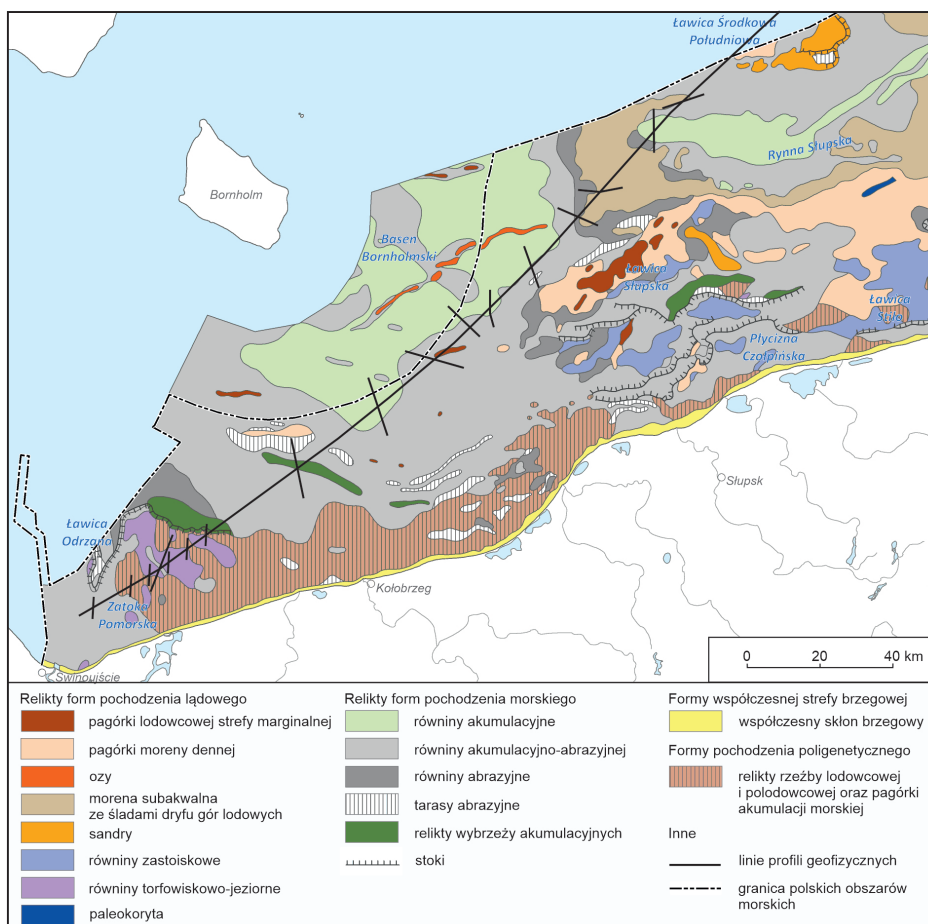
*E-mail: dorota.kaulbarsz@pgi.gov.pl

Badania geofizyczne, w szczególności wysokorozdzielcza sejsmika refleksyjna i sejsmoakustyka, mają podstawowe znaczenie w rozpoznawaniu budowy geologicznej pokrywy kenozoicznej na obszarach morskich (np. Mojski, 1989–1995, 1995; Kramarska i in., 1999; Przedziecki, 2004), m.in. z uwagi na wysoki koszt wierceń na morzu, a dynamiczny rozwój geofizycznych metod badawczych umożliwia coraz lepsze zobrazowania poszczególnych elementów budowy geologicznej danego obszaru.

Wykonana w ostatnich latach interpretacja danych projektu BaITec (np. Krzywiec i in., 2021; Nguyen i in., 2023) w powiązaniu z dotychczasowymi wynikami prac badaw-

czych i kartograficznych Państwowego Instytutu Geologicznego (np. Mojski, 1995; Kramarska, 1998; Zachowicz i in., 2008; Kramarska i in., 2016) pozwoliła na identyfikację w zapisie geofizycznym niemal wszystkich jednostek charakterystycznych dla budowy geologicznej czwartorzędu i morfogenezy zachodniej i północno-zachodniej części polskich obszarów morskich. Lokalizacja analizowanych profili geofizycznych jest pokazana na rycinie 1.

Zestawienie danych o różnej rozdzielczości pomierzonych wzdłuż jednej linii profilowej (dane sejsmiki refleksyjnej oraz wysokorozdzielcze dane sejsmoakustyczne rejestrowane sondą parametryczną) wspomagane danymi



Ryc. 1. Lokalizacja linii profili geofizycznych na tle mapy morfogenezy dna (Pikies, 1995, zmienione)

o rozdzielczości pośredniej (boomer) umożliwiło zobrazowanie budowy geologicznej warstw przydennych na tle osadów i struktur tektonicznych podłoża czwartorzędu. Integracja rejestracji umożliwiła wyznaczenie spągu czwartorzędu wzdłuż całej linii profilowej, również w strefach, gdzie z uwagi na płytko występujące krotne odbicia od dna w zapisie sejsmoakustycznym, możliwe jest jedynie śledzenie przypowierzchniowych warstw osadów. Z kolei rejestracje sejsmoakustyczne dają dokładniejszy obraz powierzchni podłoża w miejscach małej (rzędu pojedynczych decymetrów) grubości warstwy utworów czwartorzędowych.

Na wysokorozdzielczych rejestracjach sondy parametrycznej szczegółowo uwidaczniają się granice i struktura warstw przydennych odnoszące się do poszczególnych jednostek wyróżnianych na mapach geologicznych i geomorfologicznych dna Bałtyku (m.in. Mojski, 1995; ryc. 1). Są to zarówno osady i formy związane ze środowiskiem glacialnym (np. miąższe serie fluwioglacjalne z podrzędnym udziałem glin morenowych w rejonie współczesnej Zatoki Pomorskiej), czy uznawane za rzeczno-jeziorne osady interstadialne na północnych zboczach ławicy Odrzanej, a także fragment rynny subglacialnej, ciągnącej się od wschodniej części Rynny Słupskiej do południowej części Basenu Bornholmskiego oraz glina subakwalna o charakterystycznie urzeźbionej powierzchni, budująca m.in. próg rozdzielający Basen Bornholmski od Rynny Słupskiej. Wyraźnie rysują się osady i formy środowisk postglacialnych, takich jak paleojeziora rozwinięte w późnym plejstocenie i holocenie w zagłębieniach wytopiskowych w rejonie współczesnej Zatoki Pomorskiej, późnoglacialne piaszczyste struktury barierowe Bałtyckiego Jeziora Lodowego w rejonie południowego obrzeżenia Basenu Bornholmskiego i środkowoholocenijskie Morza Lityrnowego w rejonie ławicy Odrzanej oraz sekwencje bałtyckich osadów drobnodispersyjnych w dnie Basenu Bornholmskiego i północno-zachodnim obrzeżeniu Rynny Słupskiej. Strop osadów podłoża czwartorzędu jest rejestrowany sondą parametryczną tylko fragmentarycznie, głównie w dnie Basenu Bornholmskiego, w tym w rejonie występowania osadów paleocenu dolnego (Kramarska, 1995; Kramarska i in., 1999).

Dotychczasowe doświadczenia pomiarowe oraz ich wyniki są sukcesywnie poddawane kompleksowej analizie na potrzeby opracowania nowej Mapy geologicznej polskich obszarów morskich (Kaulbarsz, Jegliński, 2024), m.in. w celu wskazania miejsc wymagających szczegółowych badań bezpośrednich.

Badania są prowadzone w ramach zadania państwowej służby geologicznej umowa nr 3099/2021/Wn-07/FG-godn/D finansowanego przez Narodowy Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej oraz zostały wykonane w ramach grantu NCN nr UMO-2017/27/B/ST10/02316.

LITERATURA

- KAULBARSZ D., JEGLIŃSKI W., 2024. Wytyczne dla opracowania nowej Mapy geologicznej polskich obszarów morskich (MgPOM). [W:] Streszczenia referatów i posterów. IV Polski Kongres Geologiczny, Poznań, 10–14 czerwca 2024: 71.
- KRAMARSKA R., 1995. Trzeciorzęd. Tablica XI. [W:] J.E. Mojski (red.) Atlas geologiczny południowego Bałtyku, 1:500 000. Państw. Inst. Geol., Sopot–Warszawa.
- KRAMARSKA R., 1998. Origin and development of the Odra Bank in the light of the geologic structure and radiocarbon dating. *Geological Quarterly*, **42** (3): 277–288.
- KRAMARSKA R., KRZYWIEC P., DADLEZ R., JEGLIŃSKI W., PAPIERNIK B., PRZEZDZIECKI P., ZIENTARA P., 1999. Mapa geologiczna dna Bałtyku bez utworów czwartorzędowych. Państw. Inst. Geol., Gdańsk–Warszawa.
- KRAMARSKA R., JEGLIŃSKI W., KAULBARSZ D., PĄCZEK U., PRZEZDZIECKI P., BOJAKOWSKA I., KOSZKA-MARON D., RELISKO-RYBAK J., UŚCINOWICZ SZ., 2016. Czwartorzęd Zatoki Pomorskiej i perspektywy surowcowe. *Przegląd Geologiczny*, **64** (8): 552–563.
- KRZYWIEC P., SŁONKA Ł., NGUYEN Q., MALINOWSKI M., KUFRASA M., STACHOWSKA A., HUEBSCHER C., KRAMARSKA R., 2021. Late Cretaceous – Cenozoic history of the transition zone between the East European Craton and the Paleozoic Platform, Polish sector of the Baltic Sea, revealed by new offshore regional seismic reflection data (BALTEC project), EGU General Assembly 2021, online, 19–30 Apr 2021, EGU21-13383, <https://doi.org/10.5194/egusphere-egu21-13383>.
- MOJSKI J.E. (red.), 1989–1995. Mapa geologiczna dna Bałtyku, 1:200 000. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- MOJSKI J.E. (red.), 1995. Atlas geologiczny południowego Bałtyku, 1:500 000. Państw. Inst. Geol., Sopot–Warszawa.
- NGUYEN Q., MALINOWSKI M., KRAMARSKA R., KAULBARSZ D., MIL L., HÜBSCHER C., 2023. Gas – Escape features along the Trzebiatów fault offshore Poland: Evidence for a leaking petroleum system. *Marine and Petroleum Geology*, **156**: 106431, <https://doi.org/10.1016/j.marpetgeo.2023.106431>.
- PIKIES R., 1995. Morfogeneza dna. Tablica XXV. [W:] J.E. Mojski (red.) Atlas geologiczny południowego Bałtyku, 1:500 000. Państw. Inst. Geol., Sopot–Warszawa.
- PRZEZDZIECKI P., 2004. Sejsmostratygrafia osadów czwartorzędowych w polskiej części Bałtyku. *Biuletyn Państwowego Instytutu Geologicznego*, **413**: 81–126.
- ZACHOWICZ J., MIOTK-SZPIGANOWICZ G., KRAMARSKA R., UŚCINOWICZ SZ., PRZEZDZIECKI P., 2008. A critical review and reinterpretation of bio-, litho- and seismostratigraphic data of the Southern Baltic deposits. *Polish Geological Institute Special Papers*, **23**: 117–138.

TEKTONIKA I SEDYMENTACJA NA OBSZARZE S BAŁTYKU I NW POLSKI – WNIOSKI Z INTERPRETACJI DANYCH SEJSMICZNYCH

Piotr KRZYWIEC^{1, *}

¹Instytut Nauk Geologicznych Polskiej Akademii Nauk

*E-mail: piotr.krzywiec@twarda.pan.pl

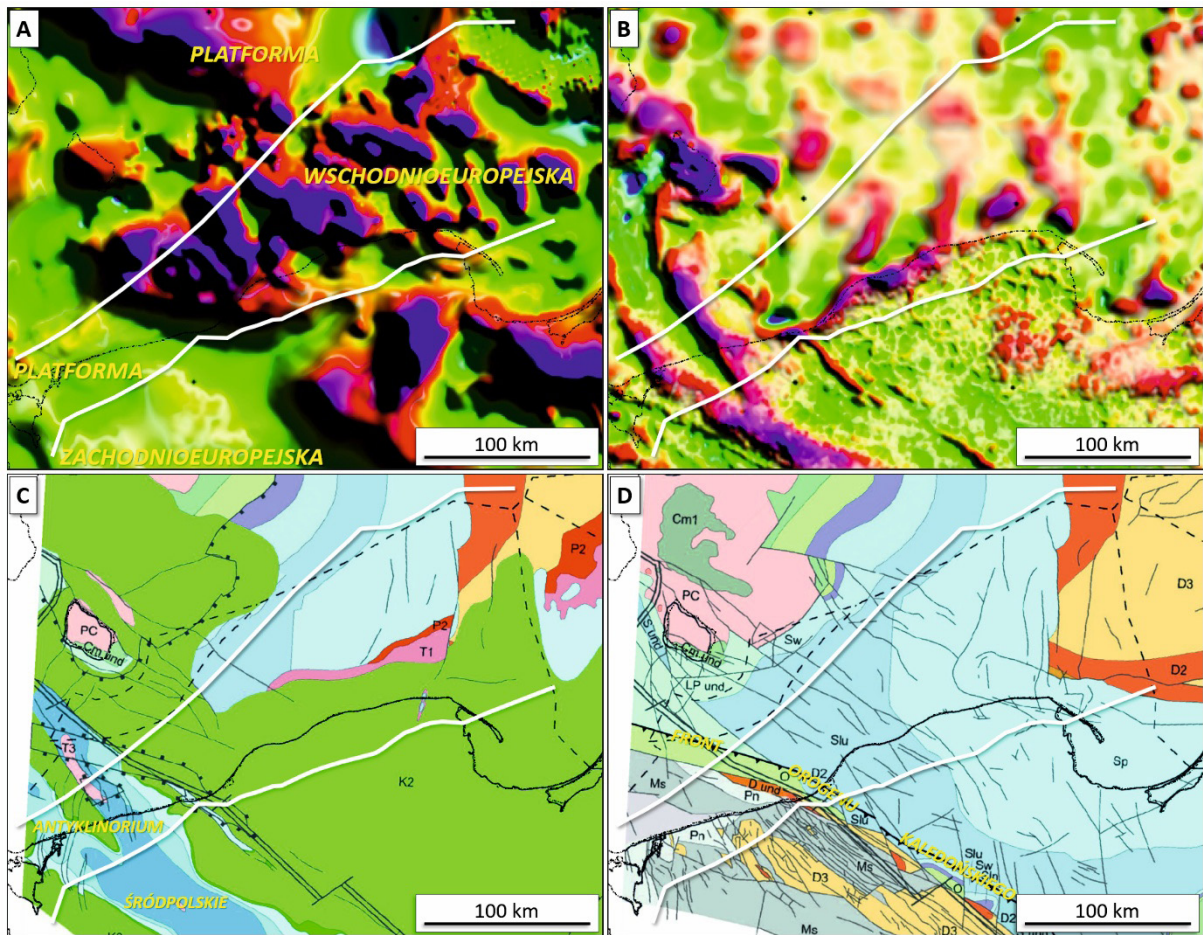
Budowa geologiczna sąsiadujących ze sobą obszarów SW Bałtyku i NW Polski jest badana od wielu lat. Ze względu na stosunkowo mięszką pokrywę kenozoiczną, badania utworów mezozoiku i paleozoiku są możliwe jedynie na podstawie danych otworowych oraz danych geofizycznych. Na obszarze NW Polski w trakcie poszukiwań złóż ropy naftowej i gazu ziemnego odwiercono setki otworów, które dostarczyły szczegółowej informacji o stratygrafii, litologii etc. przewierconych skał mezozoicznych i paleozoicznych. Na obszarze morskim otworów jest znacznie mniej, co jest pochodną znacznie wyższych kosztów wiercenia. W zachodniej części Bałtyku jest tylko kilka głębokich otworów, więcej ich odwiercono w części wschodniej, ale są one skoncentrowane w strefach występowania złóż ropy naftowej.

Zasadniczym narzędziem rozpoznania wglębnej budowy geologicznej są dane sejsmiki refleksyjnej, od dawna wykorzystywane do analiz dotyczących piętra mezozoicznego i paleozoicznego (np. Dadlez, 1990; Krzywiec i in., 1999; Pokorski, 2010). Wykonana w ostatnich latach interpretacja danych przemysłowych (np. Krzywiec i in., 2022a) oraz danych projektów PolandSPAN (Krzywiec i in., 2014, Mazur i in., 2016; Stachowska, Krzywiec, 2023) i BalTec (Krzywiec i in., 2021, 2022b, Nguyen i in., 2024; Ponikowska i in., 2024) pozwoliła na opracowanie modelu budowy geologicznej i ewolucji paleozoiczno-mezozoicznej omawianego obszaru. W jego część zachodniej zidentyfikowano struktury związane z (1) późnodewońsko-wczesnokarbońską ekstensją, najprawdopodobniej związaną z ekstensyjną reaktywacją kaledońskich struktur nasuwczych, (2) późnokarbońską inwersją na przedpolu orogenu waryscyjskiego, (3) permsko-mezozoiczną subsyducją w obrębie osiowej części basenu polskiego, (4) triasowo-jurajskimi ruchami przesuwczymi, oraz (5) późnokredową inwersją, która doprowadziła do powstania antyklinorium śródpolskiego. Na obszarze wschodnim zidentyfikowano struktury związane z kambryjsko-ordowicką pasywną krawędzią Baltiki, (2) sylurskim basenem przedgórskim kaledonidów, (3), permsko-mezozoiczną subsyducją NE flanki basenu polskiego, (4) jurajskimi ruchami wypiętrzającymi, oraz (5) późnokredową inwersją. Struktury te zostały

zobrazowane na regionalnych transektach sejsmicznych, których lokalizacja pokazana jest na rycinie 1.

LITERATURA

- DADLEZ R., 1990. Tektonika południowego Bałtyku. *Kwartalnik Geologiczny*, **34** (1): 1–20.
- KRZYWIEC P., KRAMARSKA R., DADLEZ R., 1999. Budowa geologiczna podłoża Bałtyku. [W]: R. Kramarska (red.), Mapa geologiczna dna Bałtyku bez utworów czwartorzędowych – Objasnienia: 15–24. Wydaw. Kartograficzne Polskiej Agencji Ekologicznej, Gdańsk–Warszawa.
- KRZYWIEC P., MALINOWSKI M., MAZUR S., BUFFENMYER V., LEWANDOWSKI M., 2014. Structure and Phanerozoic evolution of the SW edge of the East European Craton in Poland – new insight from high-effort seismic reflection data (project PolandSPAN). *Geologia Sudetica*, **42**: 3–4.
- KRZYWIEC P., SŁONKA Ł., NGUYEN Q., MALINOWSKI M., KUFRASA M., STACHOWSKA A., HUEBSCHER C., KRAMARSKA R., 2021. Late Cretaceous – Cenozoic history of the transition zone between the East European Craton and the Paleozoic Platform, Polish sector of the Baltic Sea, revealed by new offshore regional seismic data, EGU General Assembly, 19–30.04, EGU21-13383, <https://doi.org/10.5194/egusphere-egu21-13383>.
- KRZYWIEC P., KUFRASA M., POPRAWA P., MAZUR S., KOPERSKA M., ŚLEMP P., 2022a. Together but separate: Decoupled Variscan (late Carboniferous) and Alpine (Late Cretaceous – Paleogene) inversion tectonics in NW Poland. *Solid Earth*, **13**: 639–658, <https://doi.org/10.5194/se-13-639-2022>.
- KRZYWIEC P., STACHOWSKA A., GRZYBOWSKI Ł., NGUYEN Q., SŁONKA Ł., MALINOWSKI M., KRAMARSKA R., AHLRICHS N., HÜBSCHER C., 2022b. The Late Cretaceous inversion of the Polish Basin and surrounding area – a current perspective based on seismic data. [W]: I. Walaszczyk, J.P. Todes (red.) Cretaceous of Poland and of adjacent areas. Field trip guides. 11th International Cretaceous Symposium, Warsaw, Poland. Faculty of Geology, University of Warsaw, 9–23, ISBN 978-83-944813-5-3.



Ryc. 1. Lokalizacja regionalnych transektów sejsmicznych na tle [A] mapy magnetycznej (Wybraniec, 1999), [B] mapy grawimetrycznej (pierwsza pochodna anomalii Bouguera; Wybraniec, 1999), [C] mapy geologicznej bez kenozoiku (Poprawa, 2019) i mapy geologicznej bez permu i młodszych utworów (Poprawa, 2019)

MAZUR S., MIKOŁAJCZAK M., KRZYWIEC P., MALINOWSKI M., LEWANDOWSKI M., BUFFENMYER V., 2016. Pomeranian Caledonides, NW Poland – a collisional suture or thin-skinned fold-and-thrust belt? *Tectonophysics*, **692**: 29–43. <https://doi.org/10.1016/j.tecto.2016.06.017>.

NGUYEN Q., MALINOWSKI M., MAZUR S., STOVBA S., PONIKOWSKA M., HUEBSCHER C., 2024. Post-Caledonian tectonic evolution of the Precambrian and Paleozoic platform boundary zone offshore Poland based on the new and vintage multi-channel reflection seismic data. *Solid Earth*, **15**: 1029–1046, <https://doi.org/10.5194/se-15-1029-2024>.

POKORSKI J., 2010. Geological section through the lower Paleozoic strata of the Polish part of the Baltic region. *Geological Quarterly*, **54** (2): 123–130.

PONIKOWSKA M., STOVBA S.M., MAZUR S., MALINOWSKI M., KRZYWIEC P., NGUYEN Q., HÜBSCHER C., 2024.

Crustal-scale pop-up structure at the junction of two continental-scale deformation zones in the southern Baltic Sea. *Tectonics*, **43**, e2023TC008066. <https://doi.org/10.1029/2023TC008066>.

POPRAWA P., 2019. Geological setting and Ediacaran–Paleozoic evolution of the Western slope of the East European Craton and adjacent regions. *Annales Societatis Geologorum Poloniae*, **89**: 347–380, <https://doi.org/10.14241/asgp.2019.23>.

STACHOWSKA A., KRZYWIEC P., 2023. The Late Cretaceous tectono-sedimentary evolution of northern Poland – a seismic perspective on the role of transverse and axial depositional systems during basin inversion. *Marine & Petroleum Geology*, **152**: 106224, <https://doi.org/10.1016/j.marpetgeo.2023.106224>.

WYBRANIEC S., 1999. Transformations and visualization of potential field data. *Polish Geological Institute Special Papers*, **1**: 1–88.

WYKORZYSTANIE BADAŃ GEOLOGICZNYCH BAŁTYKU DO OCEN ODDZIAŁYWANIA NA ŚRODOWISKO

Agnieszka Kubowicz^{1,*}, Magdalena Kiejzik-Głowińska²

¹ *Uniwersytet Gdański, Wydział Oceanografii i Geografii*

² *EKO-KONSULT ASE GROUP Sp. z o.o.*

*E-mail: agnieszka.kubowicz@ug.edu.pl

Oceny oddziaływania na środowisko (OOŚ) jako jedno z podstawowych narzędzi zrównoważonego rozwoju wykorzystują m.in. dostępne dane o geologii morza. W ciągu ostatnich 10 lat rozpoznanie budowy geologicznej polskich obszarów morskich nabrało szczególnego znaczenia w procedurze OOŚ, ze względu na wszelkie plany intensywnego wykorzystania wyłącznej strefy ekonomicznej do produkcji energii elektrycznej z morskich farm wiatrowych.

W ww. inwestycjach geologiczne uwarunkowania mają kluczowe znaczenie dla oceny wpływu na środowisko morskie. Niejednokrotnie weryfikują dobór technologii i elementów składowych projektu oraz sposób prowadzenia prac budowlanych, co w konsekwencji przekłada się na poziom ingerencji inwestycji w dno.

Obecnie dostępne źródła informacji stanowią dane wejściowe w procedurze OOŚ, na podstawie których jest

wykonywana ocena wpływu planowanych przedsięwzięć na środowisko morskie. Stanowią bazę do modelowań na potrzeby projektu, dotyczących wzruszenia osadów dennych oraz poziomu zmętnienia generowanego podczas prac budowlanych.

Niejednokrotnie, po wykonaniu szczegółowych badań geotechnicznych na etapie projektu budowlanego i wykonawczego, dane te zasadniczo się różnią, a ich zwiększony stopień szczegółowości weryfikuje często rangę oddziaływań przedsięwzięcia na środowisko morskie.

Celem referatu jest omówienie na kilku przykładach, jak w trakcie procesu inwestycyjnego zmienia się wiedza o warunkach geologicznych i jakie to rodzi problemy w kontekście planowania zrównoważonego rozwoju w procedurze OOŚ.

ZNACZENIE DOKUMENTOWANIA GEOLOGICZNO-INŻYNIERSKICH WARUNKÓW POSADOWIENIA MORSKICH FARM WIATROWYCH W KONTEKŚCIE TRANSFORMACJI ENERGETYCZNEJ POLSKI

Edyta Majer^{1, *}, Monika Szabłowska¹, Krzysztof Majer¹

¹ Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy

*E-mail: edyta.majer@pgi.gov.pl

Wdobie intensyfikacji działań na rzecz transformacji energetycznej i osiągnięcia celów zrównoważonego rozwoju, odnawialne źródła energii zyskują kluczowe znaczenie w strategiach energetycznych państw. Jednym z najdynamiczniej rozwijających się obszarów w tym kontekście jest morska energetyka wiatrowa. Szczególnie na akwenie Morza Bałtyckiego obserwujemy wzmożone zainteresowanie inwestycjami w morskie farmy wiatrowe, które w najbliższych latach mają szansę stać się istotnym elementem krajowego miksu energetycznego Polski.

Rozwój morskich farm wiatrowych, choć niezbędny z perspektywy polityki klimatyczno-energetycznej, wiąże się z licznymi wyzwaniami natury technologicznej, środowiskowej i inżynierskiej. Realizacja tego typu inwestycji wymaga szczególnego podejścia do kwestii rozpoznania i dokumentowania warunków geologiczno-inżynierskich, które są kluczowe dla zaprojektowania trwałych, bezpiecznych i ekonomicznie efektywnych konstrukcji morskich. W tym kontekście istotną rolę odgrywa, opracowany w ramach zadań państwowej służby geologicznej, poradnik metodyczny pt. „Zasady dokumentowania geologiczno-inżynierskich warunków posadowienia obiektów budownictwa morskiego i zabezpieczeń brzegu morskiego. Część druga. Morskie farmy wiatrowe wraz z zespołem urządzeń służących do wyprowadzenia mocy”, która stanowi rozwinięcie wydanego w 2009 r. poradnika (część pierwsza).

Poradnik został przygotowany w odpowiedzi na rosnące potrzeby branży budownictwa morskiego oraz inwestorów zainteresowanych rozwojem morskiej energetyki wiatrowej w Polsce. Jego celem jest przedstawienie kompleksowych zasad, jakie należy stosować podczas projektowania, realizacji badań terenowych i laboratoryjnych oraz opracowywania dokumentacji geologiczno-inżynierskiej na potrzeby posadowienia elementów infrastruktury morskich farm wiatrowych, takich jak turbiny wiatrowe, stacje elektroenergetyczne oraz zespoły urządzeń do wyprowadzenia mocy.

Inwestycje realizowane na morzu cechują się bardzo wysokim stopniem złożoności. Ich koszt, znacznie prze-

wyższający inwestycje lądowe, wynika nie tylko z trudnych warunków środowiskowych, ale również z konieczności prowadzenia zaawansowanych badań podłoża morskiego. Rzetelne rozpoznanie warunków geologiczno-inżynierskich umożliwia optymalne zaprojektowanie fundamentów, wzmocnień i zabezpieczeń konstrukcji, co przekłada się na ograniczenie kosztów inwestycyjnych i eksploatacyjnych, a także zmniejszenie ryzyka uszkodzeń czy awarii (Velenturf i in., 2021).

Publikacja dostarcza szczegółowych wytycznych dotyczących metodyki badań, w tym geofizycznych i geologiczno-inżynierskich, prowadzonych w warunkach morskich. Uwzględnia przy tym specyfikę Morza Bałtyckiego, w tym budowę geologiczną jego dna, warunki hydrogeologiczne oraz występowanie procesów i zjawisk niekorzystnych z punktu widzenia budownictwa. Istotnym aspektem opracowania jest także analiza wymogów prawnych i normatywnych, które obowiązują w Polsce przy przygotowaniu i realizacji inwestycji w morskie farmy wiatrowe.

W książce szczegółowo omówiono m.in.:

- wymagania dotyczące dokumentowania warunków posadowienia konstrukcji morskich,
- zasady prowadzenia badań terenowych i laboratoryjnych,
- typowe rozwiązania fundamentowe dla turbin wiatrowych na morzu,
- zagrożenia geotechniczne i sposoby ich identyfikacji,
- wymagania dotyczące monitoringu obiektów budowlanych.

Na uwagę zasługuje również fakt, że opracowanie powstało na podstawie analizy dostępnej literatury fachowej oraz doświadczeń zdobytych przez państwową służbę geologiczną w ramach realizacji projektów infrastrukturalnych na obszarach morskich. W związku z tym zawarte w publikacji rekomendacje mają nie tylko charakter teoretyczny, ale również praktyczny, poparty realnymi przykładami zastosowań.

Celem referatu jest nie tylko prezentacja zawartości wspomnianej publikacji, ale przede wszystkim zwrócenie uwagi środowiska naukowego, projektowego oraz inwe-

stycznego na istotną rolę geologii inżynierskiej w procesie realizacji morskich farm wiatrowych. Odpowiednie przygotowanie dokumentacji geologiczno-inżynierskiej stanowi jeden z kluczowych czynników wpływających na powodzenie inwestycji zarówno pod względem technicznym, jak i finansowym.

Poradnik jest skierowany do szerokiego grona odbiorców – od geologów, geotechników i projektantów, przez inwestorów i wykonawców, aż po przedstawicieli administracji publicznej odpowiedzialnej za nadzór nad inwestycjami w zakresie morskiej energetyki odnawialnej. Zawarte w nim zasady mają charakter uniwersalny i mogą być z powodzeniem stosowane zarówno w Polsce, jak i w

innych krajach realizujących inwestycje w farmy wiatrowe na morzu.

Podsumowując, opracowana publikacja stanowi cenne źródło wiedzy, które w sposób kompleksowy i praktyczny wspiera proces przygotowania inwestycji w morskie farmy wiatrowe. Jej zastosowanie przyczynia się do podniesienia jakości dokumentacji geologiczno-inżynierskiej, poprawy bezpieczeństwa konstrukcji oraz efektywności ekonomicznej inwestycji. W kontekście dynamicznego rozwoju sektora morskiej energetyki wiatrowej, tego rodzaju opracowania stają się nieodzownym elementem warsztatu specjalistów zaangażowanych w realizację ambitnych projektów transformacji energetycznej Polski.

ROZWÓJ MIERZEI WIŚLANEJ W HOLOCENIE ŚRODKOWYM

Krzysztof Ninard^{1,*}, Artur Górecki², Anna Hrynowiecka³,
Katarzyna Cywa⁴, Natalia Piotrowska⁵, Marzena Kłusek⁵

¹ Uniwersytet Jagielloński, Wydział Geografii i Geologii, Instytut Nauk Geologicznych

² Uniwersytet Jagielloński, Wydział Biologii, Instytut Botaniki

³ Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy, Oddział Geologii Morza

⁴ Instytut Botaniki im. W. Szafera Polskiej Akademii Nauk

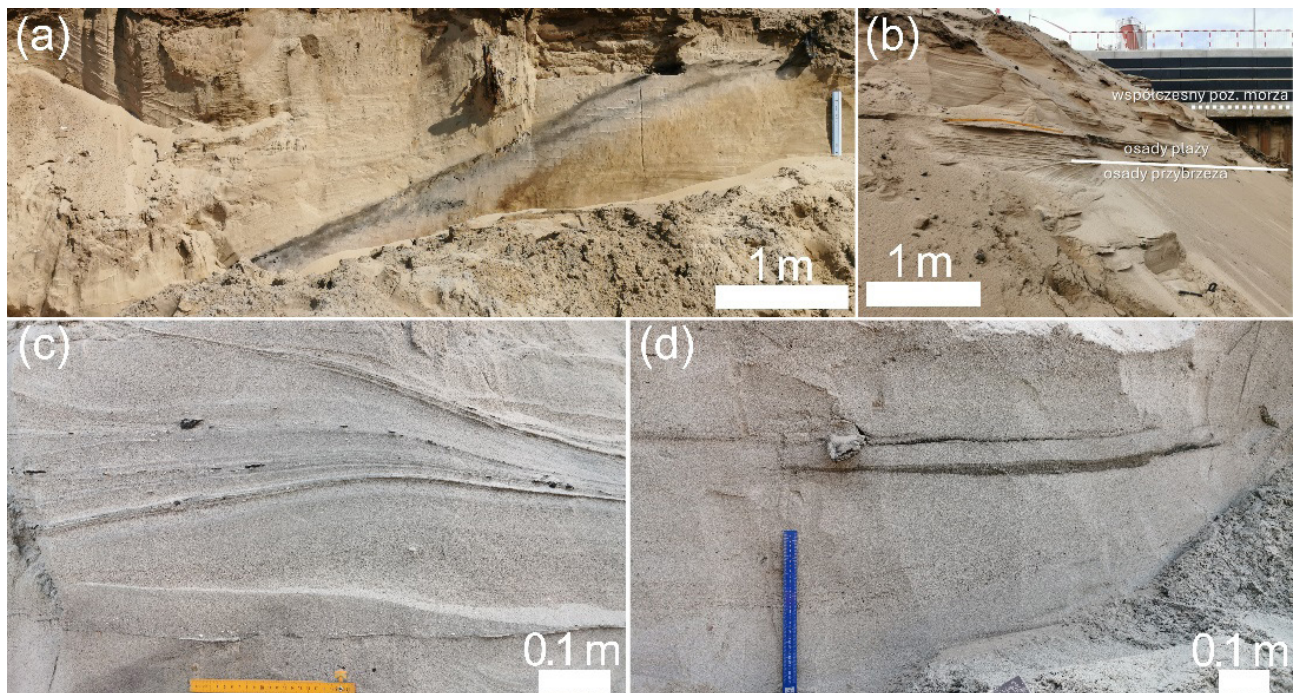
⁵ Politechnika Śląska, Instytut Fizyki, Zakład Geochronologii i Badań Izotopowych Środowiska

*E-mail: krzysztof.ninard@uj.edu.pl

Odśnieżenia udostępnione w toku budowy kanału żeglugowego przez Mierzę Wiślaną umożliwiły udokumentowanie sukcesji holocenijskich osadów płytkomorskich i plażowych. Zalegają one w podłożu późnoholocenijskich wydm, budujących część Mierzei wznoszącą się ponad współczesny poziom morza. Wykształcenie tej sukcesji osadowej było dotychczas znane wyłącznie na podstawie danych wiertniczych i geofizycznych (Tomczak i in., 1989; Uścińowicz i in., 2021).

Datowanie radiowęglowe bielicowej paleogleby, która zachowała się w osadach wydmy zlokalizowanej w pobliżu wybrzeża Zalewu Wiślanego, wskazuje na zainicjowanie rozwoju najstarszych wydm co najmniej 5,5–6,0 tys.

lat temu (tab. 1, ryc. 1a). W podłożu osadów wydmy udokumentowano 2–3-metrowej miąższości profil piasków plażowych z licznymi muszlami mięczaków i fragmentami drewna, które umożliwiły określenie ich wieku na ok. 6 tys. lat kal. BP (tab. 1, ryc. 1b, c). Charakterystyczną się urozmaiconą, deflacyjną morfologią powierzchnia kontaktu osadów plażowych z wyżejleżącymi osadami wydmy odśłaniała się o 2–4 m wyżej niż wynikałoby to z dotychczasowego modelu. Poniżej litosomu osadów plażowych zalegały najstarsze osady udokumentowane na transekcie przekopu – piaski i żwiry z klastami bursztynu i drewna. Na podstawie uzyskanej z nich daty można rekonstruować ich depozycję w warunkach płytkomor-



Ryc. 1. Osady środkowoholocenijskie odśłonięte na transekcie przekopu Mierzei Wiślanej. **a)** Zachowana w osadach wydmy najstarszej generacji paleogleba datowana na 5,5–6,0 tys. lat kal. BP. **b)** Sukcesja osadów płytkomorskich i plażowych, skrajnie południowa część przekopu. **c)** Podwydmowe piaski plażowe z muszlami i fragmentami drewna, datowane na ok. 6 tys. lat. **d)** Płytkomorskie piaski strefy przybrzeża z mułkowymi przewarstwieniami ze szczątkami roślin, datowane na 6,5 tys. lat

Tab. 1. Daty radiowęglowe próbek z osadów wydmy najstarszej generacji oraz podwydmowych osadów plażowych i morskich pobranych na transekcie przekopu Mierzei Wiślanej

Próbka	Rzędna poboru [m n.p.m.]	Materiał	Wiek ¹⁴ C	Wiek kalibrowany na poz. ufności 95%; krzywa kalibracyjna
poz-174157	1,0	paleogleba w wydmy najstarszej generacji	5045 ±35	5910–5660 cal BP (IntCal20)
GdA-7682	0,5	drewno z osadów plażowych	5125 ±34	5990–5750 cal (IntCal20)
Poz-173496	0,5	muszle z osadów plażowych	5780 ±35	6290–5920 cal BP (Marine20)
GdA-7679	5,0	drewno z osadów morskich strefy przybrzeża	5773 ±33	6660–6490 cal BP (IntCal20)
Poz-169551	6,0	nasiono z osadów morskich strefy przybrzeża	9480 ±50	11070–10580 cal BP (IntCal20)
GdA-7678	6,0	drewno z osadów morskich strefy przybrzeża	39140 ±800	44180–42150 cal BP (IntCal20)

skich, w strefie przybrzeża z rewami, ok. 6,5 tys. lat kal. BP (ryc. 1b, d). Zachowane w tych osadach przewarstwienia mułków zawierają palinomorfy typowe dla wód stojących i wskazujące na dostawę materiału z lądu. Wydatowane szczątki roślinne rejestrują natomiast redepozycję znacznie starszego materiału (tab. 1, ryc. 1d).

Taki wiek osadów płytkomorskich odsłoniętych na transekcie przekopu w przybliżeniu odpowiada dotychczasowym założeniom, opartym o analizy materiału z wierceń (Tomczak i in., 1989; Uściniowicz i in., 2021). Niemniej jednak, zaleganie stropu osadów morskich udokumentowano o nawet 5–6 m wyżej niż wynikało to z dotychczasowych danych (ryc. 1a), co może sugerować potrzebę odpowied-

niej korekty względnego poziomu morza dla rejonu Zatoki Gdańskiej w omawianym okresie.

LITERATURA

- TOMCZAK A., MOJSKI J.E., KRZYMIŃSKA J., MICHAŁOWSKA M., PIKIES R., ZACHOWICZ J., 1989. Nowe dane o budowie geologicznej Mierzei Wiślanej. *Kwartalnik Geologiczny*, **33** (3): 277–300.
- UŚCINOWICZ S., ADAMIEC G., BLUSZCZ A., JEGLIŃSKI W., MIOTK-SZPIGANOWICZ G., 2021. Holocene development of the Vistula Spit (Baltic Sea coast) based on multidisciplinary investigations. *The Holocene*, **31** (4): 658–671.

CZY ŻUŁAWY SIĘ OBNIŻAJĄ? PRÓBA GEOLOGICZNEJ ANALIZY DANYCH EGMS – EUROPEAN GROUND MOTION SERVICE

Zbigniew Perski^{1,*}, Maria Przyłucka¹, Michalina Cisko¹

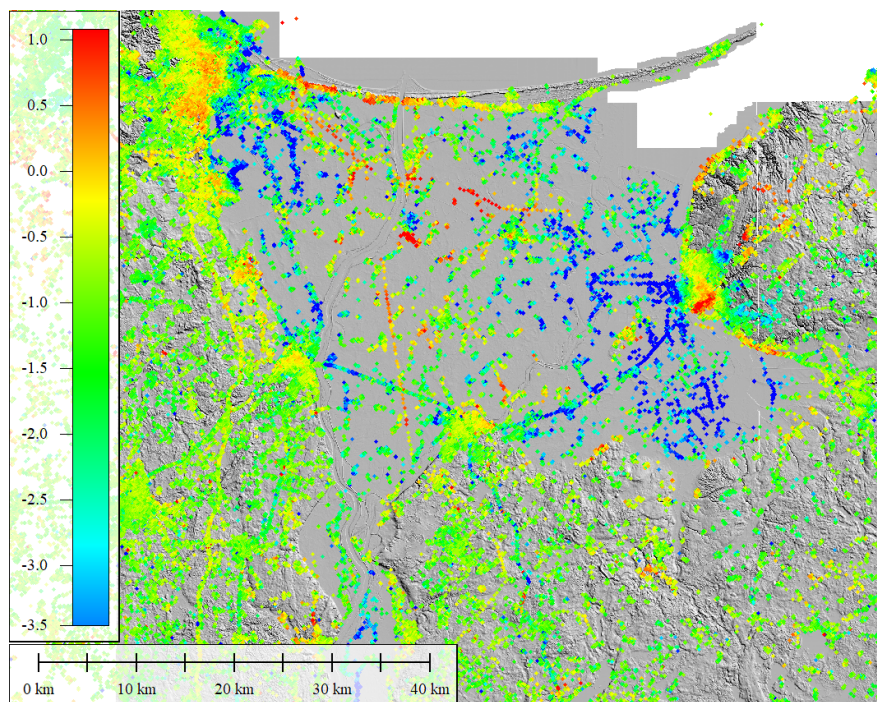
¹Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy

*E-mail: zbigniew.perski@pgi.gov.pl

W świetle danych serwisu EGMS (*European Ground Motion Service*) teren delty Wisły podlega wyraźnym, choć niewielkim ruchom obniżającym (ryc. 1). Wyniki te są zgodne z ogólnie dostępną wiedzą i dotychczasowymi pomiarami (Kontny, Bogusz, 2012; Kowalczyk, 2015). Jednak w bardziej szczegółowym ujęciu deformacje te mają charakter bardzo niejednorodny, choć mimo wszystko nawiązujący do generalnego zarysu budowy geologicznej terenu (Pikies i in., 2008; Pikies, Jurys, 2011). Największe wartości obniżeń towarzyszą występowaniu w podłożu gruntów organicznych i mogą być związane z utlenianiem torfów oraz kompaktacją osadów. Choć skala zjawiska obecnie nie jest duża, osiadania na tym obszarze mogą w przyszłości stanowić problem z punktu widzenia geozagrożeń, zwiększając zagrożenia powodziowe obszarów uprawnych, infrastruktury, budowli technicznych i mieszkalnych, sieci komunikacyjnej itp. Kolejnym ważnym aspektem jest znaczenie tych deformacji w kontekście zmian klimatycznych

(temperatury, wilgotności gruntu, wielkości opadów) i związanym z nimi podnoszeniem się poziomu morza. Tym bardziej zatem ważne wydaje się przeprowadzenie wnikliwych analiz na obecnym stopniu rozwoju tych zjawisk.

Procesy deformacyjne w gruntach organicznych są w ogólnym zarysie znane i opisywane w formie modeli matematycznych używanych w geotechnice i geologii inżynierskiej (Kaczyński, 2017). Badania dotyczące przebiegu osiadania gruntów organicznych w czasie, w kontekście problemów z analizą danych InSAR (*Interferometric Synthetic Aperture Radar*) przeprowadzili Holendrzy (van Aselen i in., 2020; Conroy i in., 2022) wykazując przy okazji silną składową sezonową (w zakresie +/- 4 cm w okresie rocznym). Odkrycie to umożliwiło wprowadzenie odpowiedniego parametru zmiennej sezonowej do algorytmów przetwarzania danych SAR metodą PSI (*Persistent Scatterers Interferometry*), co poskutkowało lepszymi wynikami i większą liczbą punktów PS (*Persistent Scatterer*).



Ryc. 1. Prędkość średnich przemieszczeń pionowych [mm/rok]. Dane EGMS (<https://egms.land.copernicus.eu/>) na tle rzeźby terenu badanego obszaru (dane ISOK)

Osady na terenie Żuław mają inny charakter i skład mineralny aniżeli poldery Niderlandów, niemniej wyniki PSI wykazują zbliżoną dynamikę. W kontekście badań holenderskich prawidłowość, otrzymanych z serwisu EGMS, wyników dla terenu Żuław wydaje się być warta do zweryfikowania, szczególnie pod kątem składowej sezonowej ruchów i jej ewentualnym wpływem na wielkość wyznaczonych wartości prędkości deformacji. Celowym zatem wydaje się przeprowadzenie podobnych badań *in situ*, które, oprócz ogólnej odpowiedzi na postawioną powyżej tezę pozwoliłyby odpowiedzieć również na szereg bardziej szczegółowych pytań:

1. Czy w profilu głębokościowym deformacje ograniczone są do osadów organicznych czy też mają głębsze źródło?
2. Jakiego typu litologicznego grunty Żuław podlegają największym deformacjom i dlaczego?
3. Jak duża i jak istotna jest składowa sezonowa ruchów? Czy jest związana jedynie z sezonowymi wahaniami zwierciadła wód podziemnych?
4. Czy zmiany sezonowe mogą wpływać na wyniki przetwarzania danych InSAR i powodować zafałszowanie wyników? Zwiększenie bądź zmniejszenie wielkości osiadania w stosunku do pomiarów *in situ*?
5. Jeśli tego typu badania dadzą dobre wyniki, to czy może warto wykonać podobne instalacje w innych miejscach w Polsce, gdzie wyniki InSAR są niejednoznaczne do interpretacji?

Dla znalezienia odpowiedzi na postawione powyżej pytania proponuje się, po wnikliwej analizie dostępnych danych archiwalnych, kartograficznych i otworowych, instalację w wytypowanych lokalizacjach ekstensometrów otworowych, wielopunktowych zakotwiczonych w różnych warstwach gruntu. Pozwoli to na monitorowanie wielkości przemieszczeń powierzchni terenu w stosunku do różnych poziomów litologicznych, a tym samym wyznaczenie wielkości zmian w nich zachodzących. Pomiary będą wykonywane w sposób ciągły, w zadanych interwałach, np. godzinowych z zapisem cyfrowym. Równoległe do pomiarów ekstensometrycznych będzie prowadzona rejestracja zmian zwierciadła wód podziemnych w otworach piezometrycznych zlokalizowanych w pobliżu ekstensometrów i z takim samym interwałem czasowym. Dodatkowo planuje się instalację deszczomierza rejestrującego opady atmosferyczne występujące bezpośrednio w badanym obszarze, rejestracja odbywać się będzie również w tym samym interwale czasowym. Planowana głębokość otworów

nie przekroczy 20 m (maksymalna miąższość utworów aluwialnych Żuław). Wstępnie planuje się wykonanie trzech par otworów (ekstensometr + piezometr) i instalacji ekstensometrów na maksymalnie trzech poziomach w każdym z nich (w zależności od dostępnego budżetu lokalizacji może być mniej). Pomiary będą prowadzone w ciągu trzech lat z możliwością ich przedłużenia w razie potrzeby. Prace są prowadzone w ramach zadania państwowej służby geologicznej InMoTeP etap 3 (Interferometryczny Monitoring Terenu Polski).

LITERATURA

- CONROY P., VAN DIEPEN S.A.N., VAN ASSELEN S., ERKENS G., VAN LEIJEN F.J., HANSEN R.F., 2022. Probabilistic Estimation of InSAR Displacement Phase Guided by Contextual Information and Artificial Intelligence. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, **60**: 1–11. <https://doi.org/10.1109/TGRS.2022.3203872>.
- KACZYŃSKI R., 2017. Warunki geologiczno-inżynierskie na obszarze Polski. PIG-PIB, Warszawa.
- KONTNY B., BOGUSZ J., 2012. Models of vertical movements of the earth crust surface in the area of Poland derived from leveling and GNSS data. *Acta Geodynamica et Geomaterialia*, **9**: 331–337.
- KOWALCZYK K., 2015. The creation of a model of relative vertical crustal movements in THE POLISH territory on the basis of the data from Active Geodetic Network EUPOS (ASG EUPOS). *Acta Geodynamica et Geomaterialia*, **12**: 215–225. <https://doi.org/10.13168/AGG.2015.0022>.
- PIKIES R., JURYS L., 2011. Objaśnienia do reambulowanej mapy geologicznej Polski 1:200 000, ark. Elbląg. PIG-PIB, Warszawa.
- PIKIES R., JURYS L., PRUSSAK W., 2008. Objaśnienia do reambulowanej mapy geologicznej Polski 1:200 000, ark. Gdańsk. PIG-PIB, Warszawa.
- VAN ASSELEN S., ERKENS G., DE GRAAF F., 2020. Monitoring shallow subsidence in cultivated peatlands. Proceedings of IAHS. Zaprezentowano na TISOLS: the Tenth International Symposium On Land Subsidence & living with subsidence – Tenth International Symposium on Land Subsidence, Delft, the Netherlands, 17– 21 May 2021, Copernicus GmbH: 189–194. <https://doi.org/10.5194/piahs-382-189-2020>.
www1: <https://egms.land.copernicus.eu/>.

LINIE (HALO-)TEKTONICZNE PO OBU STRONACH DOLINY ODRY

Andrzej Piotrowski^{1,*}, Olaf Juschus², Paweł Sydor¹,
Małgorzata Schiewe¹, Claus Dalchow², Ralf Dannowski²

¹ Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy, Oddział Pomorski

² Landesamt für Bergbau, Geologie und Rohstoffe Brandenburg

*E-mail: andrzej.piotrowski@pgi.gov.pl

Po obu stronach doliny Dolnej Odry występuje interesujący układ ciągów moren czołowych na tle struktur tektonicznych podłoża. Dostrzec można generalną zgodność w ukierunkowaniu form rzeźby terenu – ciągów moren czołowych z uskokami i strukturami solnymi, takimi jak poduszki i stupy solne. Dolina Dolnej Odry to dolina przeformowana przez pomorski garb pojezierny, zgodna z przebiegiem strefy dyslokacyjnej Dolnej Odry. W plejstocenie skorupa ziemiska reagowała na obciążenie lądolodem, uginając się pod nim, a jednocześnie podniesieniem na bezpośrednim przedpolu. Minęło 15 tysięcy lat i litosfera wróciła do stanu sprzed wkroczenia lądolodu, ale czy rzeczywiście?

Na sześciu stanowiskach zlokalizowanych po obu stronach doliny Odry analizowano elementy rzeźby terenu w odniesieniu do występowania struktur solnych (ryc. 1).

Prezentowane obszary badawcze po stronie polskiej to pogranicza wysoczyzn lodowcowych z sandrami, a także z równiną rzeczno-wodnolodowcową. W przypadku gdy obszar jest zurbanizowany, np. w okolicach Goleniowa, zachodzą utrudnienia nad identyfikacją mikroform jako drobnych dolinek rozwiniętych na spękaniach gruntu. W okolicach mniej zurbanizowanych, np. w okolicach jeziora Woświn i jeziora Barlineckiego, są one bardzo dobrze czytelne. Powierzchnie, na których widać spękania powstały w plejstocenie w odległościach ok. 10–50 km od czoła lądolodu. Na tym obszarze następowało podnoszenie terenu na skutek kompensacji obciążenia lądolodem.

Widoczne na NMT spękania gruntu (*fractures*) osiągnęły długość kilkunastu kilometrów. Zachowały się one jako formy linijne o bardzo zróżnicowanej szerokości.

Po stronie niemieckiej w regionie Uckermark występuje szereg stanowisk z których trzy są prezentowane: Thomsdorf, Böckenberg, Friedrichswalde. Omawiane formy nie pozostają w żadnym związku do form glacialnych. Przebiegają poprzez sandry, wzgórza morenowe i doliny, mają wydłużone kształty o łukowatym przebiegu. Większość z nich jest zlokalizowana w bliskim sąsiedztwie (Thomsdorf) lub nad zidentyfikowanymi strukturami solnymi (Friedrichswalde). Forma linijna stanowiska badawczego Böckenberg nie sąsiaduje ze strukturą solną. Dlatego także po

stronie niemieckiej powstanie tych form jest związane z reakcją struktur solnych na proces odstępowania lądolodu.

LITERATURA

LIEDTKE H., 1975. Die nordischen Vereisungen in Mitteleuropa – Erläuterung zu einer Übersichtskarte im Maßstab 1:1 000 000. *Forschungen zur deutschen Landeskunde Band, 204*: 160.



Ryc. 1. Lokalizacja prezentowanych stanowisk na tle lobu Odry ostatniego zlodowacenia. Cięciwa lobu (czerwona linia) wynosi 120 km. Zarys lobu nie jest owalny, ale posiada dwa naroża: SW i SE, co jest wynikiem zależności strefy brzeżnej lodowca od struktur głębokiego podłoża (źródło mapy: Liedtke, 1975)

PRZEJAWY TEKTONIKI SOLNEJ W ZŁOŻU POKŁADOWYM – IMPLIKACJE DLA STABILNOŚCI KAWERN NA PRZYKŁADZIE WYNIESIENIA ŁEBY

Michał Słotwiński^{1,*}, Marta Adamuszek¹

¹ Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy, Oddział Dolnośląski

*E-mail: michal.slotwinski@pgi.gov.pl

W obliczu transformacji energetycznej i kwestii bezpieczeństwa energetycznego coraz ważniejszym staje się zagadnienie magazynowania energii pochodzącej z odnawialnych źródeł, charakteryzujących się mocą zmienną w czasie. Jedną z bardziej obiecujących proponowanych metod jest magazynowanie energii w formie wodoru pozyskanego przez elektrolizę wody. Szczególnie wydają się nadawać do tego celu kawerny ługowane w złożach soli – od dekad są one stosowane do składowania gazu ziemnego i sprawdzają się w tej roli. Niemniej jednak, składowanie wodoru wiąże się z dodatkowymi wyzwaniem. Część z nich jest wywołana specyfiką samej składowanej substancji i jej zastosowań, część natomiast wynika z o wiele większego zapotrzebowania na przestrzeń podziemną związaną z tego typu zastosowaniem. Bowiem o ile w przypadku magazynów gazu ziemnego wystarcza stosunkowo niewielka liczba kawern, o tyle potrzeby wyrównywania mocy pochodzącej z OZE w sieci energetycznej mogą wymagać ich dziesiątki, a nawet setki na niewielkim obszarze, co wiąże się z dodatkowymi problemami z bezpieczeństwem i stabilnością kawern.

Na terenie Polski obecnie jedną z rozważanych lokalizacji na pola kawern magazynowych jest wyniesienie Łeby. Jest to związane z obecnością tam stosunkowo płytko zalegającego złoża soli, które dodatkowo ma charakter pokładu (a więc w teorii jest proste tektonicznie). Znajduje się ono również w sąsiedztwie planowanych farm wiatrowych na Bałtyku.

Otwartym pytaniem pozostaje jednak to, na ile prosta jest budowa tektoniczna tego typu złóż w rzeczywistości

i w jaki sposób może to rzutować na stabilność kawern. Istnieją pewne przesłanki ku podejrzeniu, że sytuacja może być bardziej skomplikowana. W podłożu pokładu na wyniesieniu Łeby stwierdzono bowiem (podobnie jak w przypadku innych pokładów soli) obecność stosunkowo wysokich (do ok. 150 m) wałów anhydrytowych rozdzielanych przez baseny. Powoduje to, że złożo ma strukturę, w której miąższość soli zmniejsza się wraz ze wzrostem miąższości podścielającego ją anhydrytu i na odwrót. Układ taki, zwłaszcza w połączeniu z nachyleniem całego złoża, może prowadzić do komplikacji pola naprężeń ośrodka wywołanej niestabilnościami grawitacyjnymi, co może z kolei mieć wpływ na stabilność wyługowanych w nich kawern.

Mając to na uwadze, przeprowadzono analizę wycinka pokładu soli zlokalizowanego w okolicach Mieroszyna. W miejscu tym mamy do czynienia z wystąpieniem jednego z głównych wałów anhydrytowych oraz prowadzonymi obecnie pracami poszukiwawczymi za polihalitem. Dzięki temu zaistniał dostęp do rdzeni wiertniczych przechodzących przez złożo soli kamiennej, zlokalizowanych w różnych miejscach w stosunku do wału anhydrytowego (część szczytowa, różne pozycje na stoku oraz sąsiadująca z nim depresja). Materiał rdzeniowy przeanalizowano pod kątem kilku kluczowych cech (typy soli, upady warstw, obecność drobnych struktur fałdowych, strefy tektonicznie zrekrystalizowane) w celu ich korelacji oraz określenia natężenia i kierunku odkształceń lepkich wywołanych tektoniką grawitacyjną.

NOWY MODEL FACJALNY OSADÓW MIOCENU DOLNEGO I ŚRODKOWEGO POBRZEŻA GDAŃSKIEGO

Robert J. Sokołowski^{1,*}

¹ Uniwersytet Gdański, Katedra Geofizyki

*E-mail: robert.sokolowski@ug.edu.pl

Osady miocenu, odstawiające się w klifach Pobrzeża Gdańskiego, są przedmiotem badań od ponad stu lat. Nie przedstawiono jednak dotychczas spójnego modelu facjalnego, który pomógłby zrozumieć przebieg procesów depozycyjnych i skorelować je z wynikami badań z zachodniej części Niżu Europejskiego. Aby wypełnić tę lukę, podjęto w ostatnich latach kompleksowe badania sedimentologiczne utworów miocenijskich, które odstawiają się na dystansie rzędu setek metrów w trzech Klifach: Chłapowskim, Oksywskim i Orłowskim. Miąższość badanych osadów osiąga miejscami 35 m. Badania wykonano na podstawie analizy litofacjalnej, zgodnie z metodyką Martiniusa i Van den Berg (2011), Davisa i Dalrympla (2012), Zielińskiego (2014) oraz Mialla (2006). Wykonano także podstawowe badania ichnologiczne na podstawie metodyki MacEacherna i in. (2007, 2010) i Knausta (2017). Przebadano także cechy teksturalne osadów (uziarnienie, skład minerałów ciężkich) oraz pomierzono kierunki paleotransportu osadów. Na tej podstawie stworzono model ewolucji facjalnej i odniesiono się do proponowanych modeli paleogeograficznych (Kramarska, 2006; Rasmussen i in., 2010).

Analiza facjalna pozwoliła wydzielić dziesięć typów facji sedimentacyjnych. Reprezentują one spektrum środowisk depozycyjnych od strefy płytkiego szelfu, przez równie płytkie, kanały rozprowadzające w strefie ujściowej rzek po koryta fluwialne bez widocznych oddziaływań procesów przybrzeżnych. Istotną rolę w kształtowaniu facji odgrywały pływy, które przyczyniały się do redepozycji osadów klastycznych dostarczanych przez rzekę/rzeki z obszaru Skandynawii. Przypuszczalne ujście rzeki było w rejonie Klifu Chłapowskiego i Oksywskiego.

Analiza skamieniałości śladowych pozwoliła wydzielić trzy ichnofacje: Teredolites (przybrzeżne słone bagniska), Cruziana (mułowa równia płytkowa) i Skolithos (piaszczysta równia płytkowa). Wydzielone ichnofacje charakteryzują się zubożonym składem ichnogatunków, co jest typowe dla strefy fluwialno-przybrzeżnej modyfikowanej przez pływy.

Wiek badanych osadów obejmuje miocen dolny i środkowy (Kramarska, 2006; Słodkowska, 2025). Stre-

fa przybrzeżna stanowiła wschodnie zakończenie zatoki ówczesnego Morza Północnego (Rasmussen i in., 2010) i funkcjonowała przynajmniej do serrawalu.

LITERATURA

- KNAUST D., 2017. Atlas of trace fossils in well core: appearance, taxonomy and interpretation. Springer.
- KRAMARSKA R., 2006. Paleogen i neogen południowego Bałtyku i jego wybrzeża: 1–139 [pr. doktor.]. CAG Państw. Inst. Geol.
- MacEACHERN J.A., BANN K.L., PEMBERTON S.G., GINGRAS M.K., 2007. The Ichnofacies paradigm: High-resolution paleoenvironmental interpretation of the rock record. [W:] J.A. MacEachern i in. (red.) Applied Ichnology. *Society for Sedimentary Geology Short Course Notes*, **52**: 27–64.
- MacEACHERN J.A., PEMBERTON S.G., GINGRAS M.K., BANN K.L., 2010. Ichnology and facies models. [W:] N.P. James, R.W. Dalrymple (red.) *Facies Models 4*: 19–58. Geological Association of Canada, St. John's.
- MARTINIUS A.W., Van den BERG J.H. 2011. Atlas of sedimentary structures in estuarine and tidally-influenced river deposits of the Rhine-Meuse-Scheldt system: Their application to the interpretation of analogous outcrop and subsurface depositional systems: 1–298. EAGE Publications, Houten.
- MIALL A.D., 2006. The Geology of Fluvial Deposits: Sedimentary Facies, Basin Analysis and Petroleum Geology, 4th edition. Springer, Berlin, Heidelberg, New York.
- RASMUSSEN E.S., DYBKJÆR K., PIASECKI S. 2010. Lithostratigraphy of the upper Oligocene–Miocene succession of Denmark. *Geological Survey of Denmark and Greenland Bulletin*, **22**: 1–92.
- SŁODKOWSKA B., 2025. Palinologiczny zapis osadów miocenijskich z Klifu Orłowskiego (południowy Bałtyk). 89. Zjazd Naukowy Polskiego Towarzystwa Geologicznego, książka abstraktów.
- ZIELIŃSKI T., 2014. Sedymetologia. Osady rzek i jezior. Wydaw. Naukowe UAM, Poznań.

DOSTĘPNOŚĆ I ZAGROŻENIA WÓD PODZIEMNYCH W STREFIE NADMORSKIEJ WOJEWÓDZTWA POMORSKIEGO

Ewa Tarnawska^{1, *}

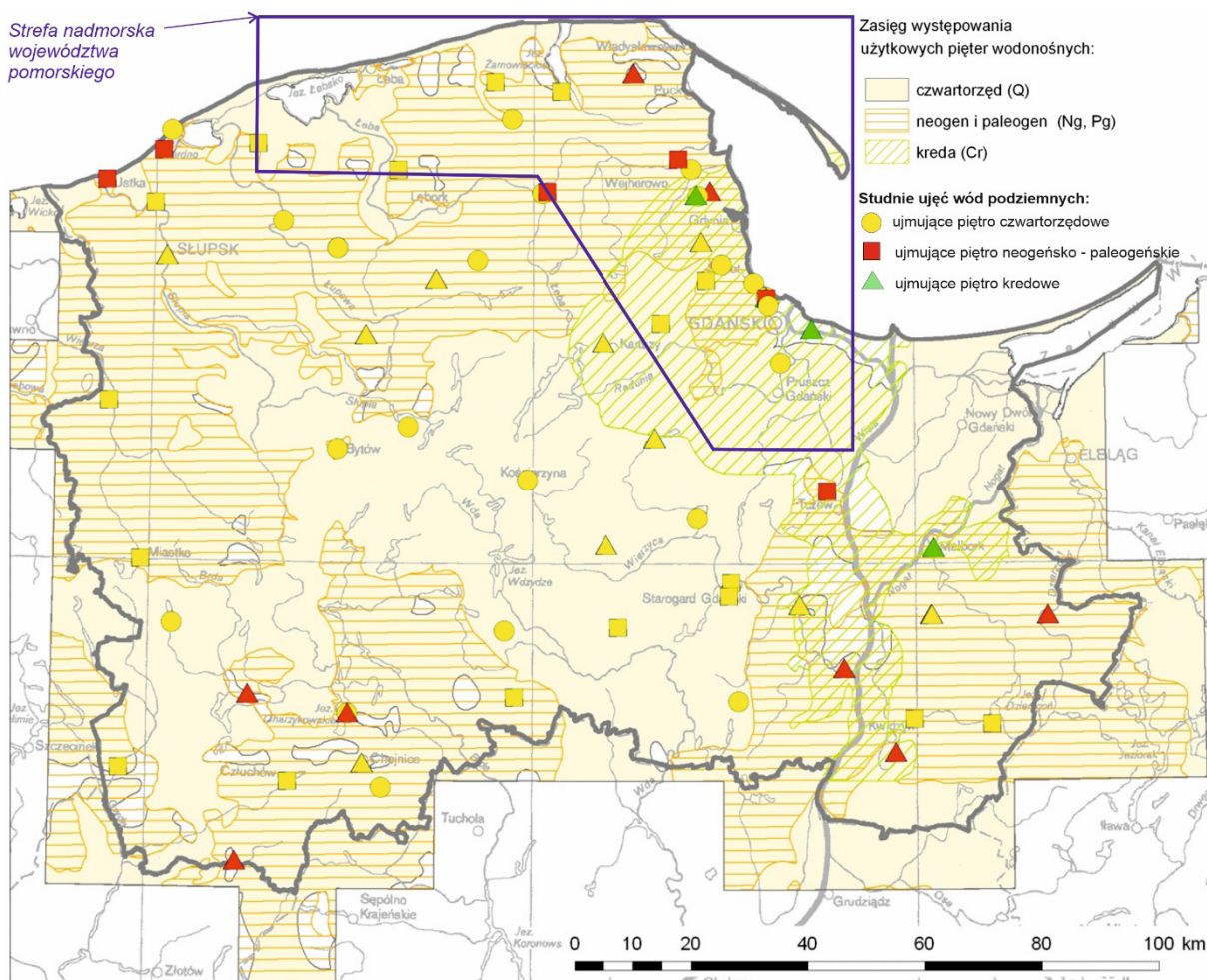
¹ Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy, Oddział Geologii Morza

*E-mail: ewa.tarnawska@pgi.gov.pl

Na terenie województwa pomorskiego wody podziemne występują w wielopoziomowym systemie wodonośnym (ryc. 1).

Najstarsze użytkowe piętro wodonośne udokumentowane i eksploatowane występuje w utworach kredy górnej. Wykształcone są tu dwa poziomy: górny, szczelinowy, występujący lokalnie, w rejonie Gdańska, w szczelinach serii węglanowo-krzemionkowej kampanu i mastrychtu, o miąższości do 80 m. Drugi, dolny poziom, porowy, tworzą drobnoziarniste piaski glaukonitowe santonu i konia-ku o miąższości 100–150 m. Poziom ten stanowi zasobny główny zbiornik wód podziemnych nr 111 Subniecka Gdańska.

Piętro neogeńsko-paleogeńskie jest reprezentowane przez utwory mioceni i oligoceni. W utworach paleogenu jest wykształcony jeden poziom, oligoceni, związany z drobnoziarnistymi piaskami oligocenu. Jego rozprzestrzenienie nie jest równomierne. Brakuje go w podłożu głębokich struktur czwartorzęd, gdzie osady oligocenu zostały całkowicie zniszczone. W utworach neogenu są wykształcone dwa poziomy wodonośne, związane z miocenijskimi piaskami drobnymi: dolny i górny. Brak jest tych poziomów w obrębie głębokich struktur erozyjnych i egzarcyjnych. W niektórych miejscach poziom miocenijski łączy się z osadami czwartorzęd, a niekiedy pozosta-



Ryc. 1. Występowanie wód podziemnych w województwie pomorskim

je w kontakcie hydraulicznym z poziomem oligoceńskim, tworząc wspólne różnowiekowe kompleksy wodonośne.

Piętro czwartorzędowe jest reprezentowane przez osady plejstoceńskie, w których wydziela się trzy poziomy: górny, środkowy i dolny. Są one dobrze wykształcone na wysoczyznach pojeziernych oraz nadmorskich jako międzymorenowe i podglinowe. W obrębie pradoliny Redy – Łęby górny i środkowy łączą się i wraz z osadami pradolinowymi tworzą jeden wspólny kompleks wodonośny o znacznej miąższości i zasobności. Na nizinach nadmorskich górny poziom wodonośny łączy się często z wodonośnymi piaskami holocenu, tworząc poziom plejstoceńsko-holoceni.

Dostępność wód podziemnych do zagospodarowania określa wielkość zasobów dyspozycyjnych obliczana dla danego obszaru bilansowego. Stanowi je średnia z wieloletnia wielkość całkowitego zasilania wód podziemnych, pomniejszonego o średnią z wieloletnia wielkość przepływu wód, tak aby nie dopuścić do znacznego pogorszenia stanu wód powierzchniowych. Również nie można dopuścić do powstania szkód w ekosystemach zależnych od wód podziemnych, ani do pogorszenia stanu chemicznego wód podziemnych. W podziale na gminy największy moduł zasobów dyspozycyjnych, $1000 \text{ m}^3/\text{d}\cdot\text{km}^2$ przypada gminom Sopot oraz Wejherowo, a najmniejszy – $<10 \text{ m}^3/\text{d}\cdot\text{km}^2$ – gminie Łeba. Największy pobór wód podziemnych (moduł $200\text{--}500 \text{ m}^3/\text{d}\cdot\text{km}^2$) również odbywa się w gminach Sopot i Wejherowo, ale dodatkowo Gdańsk, Gdynia, Pruszcz Gdański i Puck. Najniższy moduł poboru występuje w gminie Łeba ($<10 \text{ m}^3/\text{d}\cdot\text{km}^2$). Różnica zasobów dyspozycyjnych i poboru daje w efekcie stopień wykorzystania zasobów wód podziemnych, a tym samym wielkość rezerwy. Naj-

mniej rezerwy występują w gminie Łeba, w aglomeracji trójmiejskiej, oraz gminie Władysławowo i Półwyspie Helskim.

W strefie nadmorskiej województwa pomorskiego można wyróżnić trzy rodzaje ujęć wód podziemnych. Ujęcia wysoczyznowe, które bazują na poziomach międzymorenowych, podglinowych, a niektóre też ujmują wody głębokich struktur kopalnych. Ujęcia dolinne, zlokalizowane w pradolinach i dolinach stanowiących strefy drenażu dla wód podziemnych, co jest korzystne dla zasobności studni. Ujęcia nadmorskie, których lokalizacja w pobliżu brzegu morskiego lub na mierzei stwarza zagrożenie ingresją wód słonych do warstwy wodonośnej, a co za tym idzie do studni.

Lokalizacja ujęć wpływa na wielkość poboru oraz potrzeby uzdatniania wód. Szereg związanych z tym elementów (np. presje antropogeniczne, głębokość zwierciadła wody, parametry filtracyjne i inne) składa się na ocenę możliwości budowy nowego ujęcia, tudzież rozbudowy istniejącego.

LITERATURA

- KRECZKO M., 1996. Dokumentacja hydrogeologiczna zbiornika wód podziemnych nr 111 – Subniecka Gdańska. Arch. Przeds. Geol. Gdańsk.
- LIDZBARSKI M., 2007. Systemy krążenia wód podziemnych w zlewni Redy i Zagórskiej Strugi. CAG PIG-PIB, OGM.
- PACZYŃSKI B., SADURSKI A. (red.), 2007. Hydrogeologia regionalna Polski, tom I Wody słodkie. PIG, Warszawa
- SADURSKI A., 1989. Górnokredowy system wód podziemnych Pomorza Wschodniego. *Zeszyty Naukowe AGH, 1324, Geologia*, **46**: 125–137.

DYNAMICZNA STREFA BRZEGOWA POŁUDNIOWEGO BAŁTYKU – WYZWANIA GEOLOGICZNE

Grzegorz Uścińowicz^{1, *}

¹ Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy, Oddział Geologii Morza

*E-mail: grzegorz.uscinowicz@pgi.gov.pl

Rozpoznanie budowy geologicznej strefy brzegowej Morza Bałtyckiego stanowi podstawę do zrozumienia procesów morfo- i litodynamicznych zachodzących w tym obszarze. W obliczu rosnącego znaczenia gospodarczego i infrastrukturalnego wybrzeża, wiedza ta jest kluczowa dla racjonalnego planowania przestrzennego oraz zarządzania ryzykiem. Dlatego też celem prowadzonych przez państwową służbę geologiczną badań jest kompleksowe rozpoznanie i wizualizacja budowy geologicznej strefy brzegowej zarówno jej lądowej, jak i podmorskiej części. Szczególny nacisk jest kładziony na modelowanie procesów erozyjno-akumulacyjnych, prognozowanie zmian linii brzegowej oraz identyfikację geozagrożeń. Od ponad dekady badania te są prowadzone z wykorzystaniem nowoczesnych narzędzi, a ich wyniki są prezentowane w formie map, modeli i specjalistycznych analiz.

Choć badania te mają przede wszystkim zastosowanie praktyczne, dostarczają także istotnych danych ogólnopoznawczych, wspierających rozwój wiedzy o funkcjonowaniu strefy brzegowej. Dzięki nim możliwe jest tworzenie prognoz uwzględniających nowe parametry, co sprzyja lepszemu zarządzaniu obszarami nadmorskimi.

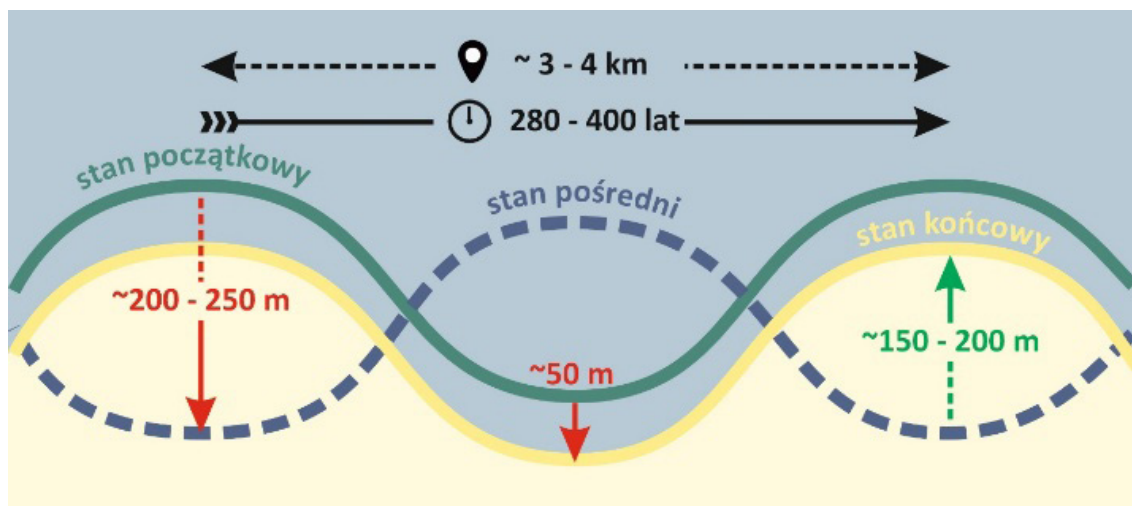
Szczególnie istotne są badania podmorskiej części strefy brzegowej, które wypełniają luki w wiedzy o rozwoju południowego wybrzeża Bałtyku. Jego rytmiczna linia brzegowa tworzy złożony system erozyjno-akumulacyjny (ryc. 1, 2). Zrozumienie zależności między formami i dynamiką dna morskiego oraz hydrodynamiką akwenu a kształtem i zmianami położenia linii brzegowej jest kluczowe dla prognozowania trendów rozwoju strefy brzegowej.

Analizy i modelowanie hydrodynamiczne wykazały, że granice stref erozji i akumulacji są zmienne i migrują wzdłuż brzegu. Główne znaczenie mają tu tzw. „okna energetyczne” – obniżenia między podmorskimi grzbietami piaszczystymi, przez które koncentruje się energia fal. Fale sztormowe załamują się w tych miejscach bliżej brzegu, intensyfikując erozję. Układ grzbietów sugeruje ich powolne przemieszczanie się na wschód, co oznacza migrację całego systemu erozyjno-akumulacyjnego. W rezultacie, przebieg linii brzegowej w skali kilku kilometrów nie jest stały – zmiany zachodzą stopniowo w czasie i przestrzeni. Sugeruje to, że długoterminowa średnia erozja może być niższa niż wskazują dane z ostatnich dekad.

Nowoczesne, interdyscyplinarne podejście do badań strefy brzegowej umożliwia tworzenie dokładnych map



Ryc. 1. Sinusoidalny układ linii brzegowej południowego Bałtyku (fot. P. Maciaszek, materiały PIG-PIB)



Ryc. 2. Ideogram migracji układu erozyjno-akumulacyjnego

i modeli prognostycznych wspierających ochronę wybrzeża i adaptację do zmian środowiskowych. Z naukowego punktu widzenia, badania te wnoszą istotny wkład w poznanie mechanizmów funkcjonowania strefy brzegowej i długofalowych przemian geomorfologicznych.

Badania wykonano w ramach zadania państwowej służby geologicznej „Kartografia 4D w strefie brzegowej południowego Bałtyku”, finansowanego przez Narodowy Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej. Praca jest realizowana przez szeroki zespół pracowników PIG-PIB.

IDENTYFIKACJA GEOZAGROŻEŃ I ICH WPŁYW NA REALIZACJĘ INWESTYCJI NA Dnie MORSKIM – PRZEGLĄD I METODY ROZPOZNANIA NA PRZYKŁADZIE DANYCH Z OBSZARU POŁUDNIOWEGO BAŁTYKU

Arkadiusz Wepner^{1,*}, Marek Bogucki¹, Janusz Dworniczak¹, Patrycja Kapuścińska¹,
Elżbieta Maszloch¹, Jędrzej Patejko¹, Radosław Wróblewski^{1,2}

¹ MEWO S.A.

² Instytut Morski, Uniwersytet Morski w Gdyni

*E-mail: awepner@mewo.eu

Dno morskie to przestrzeń realizacji szeregu projektów związanych z rozwojem infrastruktury energetycznej, portowej oraz obszar poszukiwania i eksploatacji surowców naturalnych. Elementem prac przygotowawczych do realizacji tych zadań i projektów jest rozpoznanie budowy geologicznej oraz charakteru i procesów kształtujących dno morskie. Tematy te są realizowane poprzez interpretację wyników pomiarów batymetrycznych, sonarowych oraz sejsmicznych i sejsmoakustycznych. Jednym z istotnych zadań podczas interpretacji danych jest wskazanie obszarów, w których elementy rzeźby dna morskiego, budowy geologicznej czy rozpoznane procesy kształtujące dno morskie mogą utrudnić lub uniemożliwić realizację planowanych inwestycji. Takie obszary i formy opisywane są jako geozagrożenia. Wśród geozagrożeń na szczególną uwagę zasługują miejsca, w obrębie których występują nagromadzenia płytko zalegającego gazu w osadzie, lo-

kalizacje z występowaniem osadów organicznych, w tym torfów, wychodnie lub nagromadzenia skał o odmiennej charakterystyce geotechnicznej niż dominujące w rejonie badań, miejsca, w których dochodzi lub może dojść do gwałtownych przemieszczeń mas skalnych (stromie stoki), oraz elementy budowy geologicznej, takie jak uskoki i strefy spękań, paleodoliny lub inne istotne elementy budowy dna morskiego.

Przedstawiono przykładowe wyniki pomiarów i analiz prowadzonych przez firmę MEWO S.A. na obszarze południowego Bałtyku. Stosowane nowoczesne metody pomiarowe i procesy przetwarzania danych są wykorzystywane do skutecznej identyfikacji geozagrożeń. Szczegółowa analiza takich obszarów i form dostarcza istotnych informacji umożliwiających pełne rozpoznanie geologiczne, optymalizację przebiegu realizacji inwestycji i minimalizację ryzyka na różnych etapach jej realizacji.

WYBRANE ZAGADNIENIA GEOSEKWESTRACJI CO₂ NA OBSZARZE MORZA BAŁTYCKIEGO

Mirosław Wojnicki¹*, Karol Spunda¹, Krzysztof Sowiżdżał¹,
Tomasz Słoczyński¹, Łukasz Kłyż¹, Marcin Majkrzak¹, Renata Cicha-Szot¹,
Tomasz Topór¹, Grzegorz Leśniak¹, Helena Cygnar², Artur Wójcikowski²,
Jarosław Tyburcy², Michał Gruszka², Michał Porębski²

¹Instytut Nafty i Gazu – Państwowy Instytut Badawczy

²Orlen Petrobaltic

*E-mail: wojnicki@inig.pl

Wraz z postępującą dekarbonizacją gospodarek UE rozwój technologii geologicznej sekwestracji CO₂ wydaje się nieunikniony. Dla niektórych gałęzi przemysłu, zwłaszcza tych, w których emisje CO₂ są związane z procesami technologicznymi, geosekwestracja będzie odgrywać kluczową rolę w ograniczaniu kosztów wynikających z uczestnictwa w systemie EU ETS.

Dodatkowym impulsem dla rozwoju rynku składowania CO₂ są zapisy Rozporządzenia UE w sprawie przemysłu neutralnego emisyjnie (NZIA), które zobowiązują producentów węglowodorów do zapewnienia pojemności w celu osiągnięcia łącznego wolumenu składowania 50 Mt CO₂ rocznie do 2030 r. Z decyzji Komisji Europejskiej, opublikowanej w maju 2025 r., określającej proporcjonalny wkład poszczególnych podmiotów, wynika konieczność zagwarantowania przez Grupę ORLEN – nadzorowaną przez Skarb Państwa – pojemności składowania na poziomie 4,1 Mt CO₂ rocznie.

Polska, choć należy do największych emitentów CO₂ w UE zarówno w ujęciu całkowitym, jak i per capita (czwarde miejsce w obu kategoriach), dysponuje jednocześnie jednym z największych w Europie potencjałów geologicznego składowania CO₂, liczonym na podstawie teoretycznych pojemności. Jednak korzystne warunki geologiczne oraz pilna potrzeba wdrożenia rozwiązań ograniczających emisje nie przekładają się obecnie na praktyczne działania, co wynika przede wszystkim z istniejących barier administracyjno-regulacyjnych.

Mimo że unijna dyrektywa CCS została transponowana do prawa krajowego już w 2011 r., wprowadzone przepisy skutecznie uniemożliwiają praktyczne wdrożenie geosekwestracji. Pomimo zapowiedzi zmian legislacyjnych, m.in. umożliwienia składowania CO₂ na lądzie, obecnie jedynym obszarem formalnie wyznaczonym do tego celu w tzw. „rozporządzeniu lokalizacyjnym” pozostaje lokalizacja na Wyłącznej Strefie Ekonomicznej Morza Bałtyckiego obejmująca horyzont piaskowców kambryjskich.

Orlen Petrobaltic (OPB), jako operator złóż węglowodorów na Bałtyku, jest aktywnie zaangażowany w rozpoznanie możliwości prowadzenia geosekwestracji CO₂ na obszarach swoich koncesji. Efektem współpracy OPB z Instytutem Nafty i Gazu – Państwowym Instytutem Badawczym (INiG – PIB) jest realizacja szeregu prac badawczo-rozwojowych w obszarze geosekwestracji, obejmujących zarówno badania laboratoryjne, jak i modelowania z wykorzystaniem dedykowanych narzędzi cyfrowych.

Jednym z istotnych wyzwań technologicznych w procesie geosekwestracji CO₂ jest utrzymanie chłonności odwiertów zatłaczających. Podczas zatłaczania CO₂ dochodzi do wysuszenia strefy przyodwiertowej oraz zaburzenia równowagi chemicznej, co może indukować procesy rozpuszczania i wytrącania się faz mineralnych. Aby ocenić wpływ zatłaczania CO₂ na parametry piaskowców kambryjskich, przeprowadzono dynamiczne testy interakcji nadkrytycznego CO₂ w warunkach złożowych. Szczegółowa charakterystyka próbek przed eksperymentami przepływowymi i po nich wykazała istotne zmiany w strukturze porowej, spowodowane m.in. wytrącaniem soli, rozpuszczaniem dolomitu i migracją cząstek stałych.

Wstępną ocenę wpływu zatłaczania CO₂ przeprowadzono również w większej skali przy użyciu symulatora CMG GEM, który umożliwia sprzężenie symulacji przepływu z transportem reaktywnym. Obniżenie pH wskutek rozpuszczania CO₂ w solance prowadziło do rozpuszczania dolomitu, natomiast wysuszenie strefy przyodwiertowej skutkowało lokalnym obniżeniem porowatości spowodowanym wytrącaniem halitu.

Kolejnym analizowanym zagadnieniem była wstępna ocena potencjału sekwestracyjnego poziomu wodonośnego piaskowców Cm2, z wykorzystaniem sprzężonych symulacji przeprowadzonych w środowisku Petrel i PetroMod. Przeanalizowano kilka scenariuszy, z których każdy zakładał 30-letni okres zatłaczania różnych ilości CO₂ przez zmienną ilość otworów, przy różnych konfiguracjach ich

rozmięszczenia. Dodatkowo oszacowano przepuszczalność stref dyslokacji stanowiących granice obiektu sekwestracyjnego, w celu określenia potencjalnego zagrożenia wycieku zatłaczanego CO₂ poza granicę struktury. Symulacje umożliwiły oszacowanie potencjału sekwestracyjnego dla badanego obszaru, wstępną ocenę jakości uszczelnienia, a także analizę ewolucji nadciśnienia oraz dróg migracji CO₂. Wyniki modelowania wykazały istotny wpływ lokalizacji otworów zatłaczających na rozwój nadciśnienia w ich bezpośrednim sąsiedztwie. Pod koniec etapu zatłaczania dwutlenku węgla zaobserwowano gwałtowny spadek nadciśnienia, spowodowany migracją CO₂ ku strukturom wyniesionym. Dodatkowo odnotowano niewielką migrację

dwutlenku węgla do horyzontów poniżej i powyżej poziomu Cm2.

Oprócz realizacji prac badawczych, wynikających z działalności statutowej INiG – PIB, kwestia geosekwestracji na Bałtyku jest podejmowana wspólnie z OPB w jednym z największych projektów badawczo-innowacyjnych dot. CCUS finansowanych ze środków UE w historii programu Horyzont: CO₂ Routes across Europe (COREu). Działania te koncentrują się głównie na zwiększeniu dojrzałości Bałtyku jako obszaru składowania CO₂ poprzez uszczegółowienie i rozszerzenie zakresu analiz geologiczno-złożowych, ocenę ryzyka oraz opracowanie koncepcji pełnego łańcucha CCS.

NOWE BADANIA PALINOLOGICZNE MIOCEŃSKICH WĘGLI BRUNATNYCH Z KLIFU W CHŁAPOWIE – SPORY I ZIARNA PYŁKU ORAZ PALINOMORFY NIEPYŁKOWE JAKO NARZĘDZIA DO REKONSTRUKCJI PALEOŚRODOWISKA

Elżbieta Worobiec¹, Grzegorz Worobiec^{1,*}, Marek Widera²

¹Instytut Botaniki im. W. Szafera Polskiej Akademii Nauk

²Uniwersytet Adama Mickiewicza, Instytut Geologii

*E-mail: e.worobiec@botany.pl

Badania geologiczne i palinologiczne kenozoiku Wybrzeża Gdańskiego mają długą historię, głównie ze względu na poszukiwania złóż bursztynu na tym obszarze. Węgle brunatne odsłonięte w klifie w Chłapowie również od dawna są przedmiotem niesłabnącego zainteresowania badaczy. Mioceński wiek węgla brunatnego i współwystępujących osadów został stwierdzony przez Heera (1869) na podstawie badań kopalnej makroflory, a następnie potwierdzony innymi badaniami paleobotanicznymi (Passendorfer, Zabłocki, 1946) i palinologicznymi (Grabowska, 1976). Grabowska (1976) przeanalizowała 40 próbek pobranych z osadów o miąższości 10 m, ale węgiel brunatny występował w postaci kilku warstw o różnej miąższości w środkowej części profilu, a większość osadów stanowiły piaski i muły z piaskiem. W 1981 r. na tym obszarze wykonano trzy odwierty pełnordzeniowe (Chłapowo I, Chłapowo II i Chłapowo III), których głównym celem było rozpoznanie złóż bursztynu. Analiza palinostratygraficzna próbek z tych wierceń wykazała obecność zespołów palinologicznych charakterystycznych dla kredy górnej, paleogenu i neogenu, natomiast osady mioceńskie analizowano wówczas tylko w sześciu próbkach z profilu Chłapowo I (Grabowska, 1987; Grabowska, Ważyńska, 1997). Z tego powodu głównym źródłem danych o palinoflorze mioceńskich osadów z węglem brunatnym z Chłapowa, była dotychczas praca Grabowskiej (1976). Pół wieku po tych badaniach przeprowadzono szczegółową analizę palinologiczną, wykorzystując istniejące w 2018 r. odsłonięcie ponad 2-metrowego pokładu węgla brunatnego.

Obecna analiza palinologiczna potwierdziła, że węgiel brunatny z Chłapowa należy do drugiej tużyczej grupy pokładów, która jest ważnym poziomem korelacyjnym w Europie Środkowej, datowanym na późny wczesny miocen do wczesnego środkowego miocenu. Okres ten jest szczególnie interesujący, ponieważ był to czas mioceńskiego optimum klimatycznego (ok. 16,9–14,7 mln lat temu), które było najcieplejszym okresem na Ziemi w ciągu ostatnich ok. 25 milionów lat. Dotychczas najczęściej badano miąższe pokłady węgla brunatnego z tej grupy, które two-

rzyły się na dużych obszarach i w głębokich rowach tektonicznych. Wyniki badań palinologicznych z Chłapowa pokazują jednak, że badanie cieńszych pokładów/warstw węgla brunatnego pozwala na lepsze zrozumienie złożoności mioceńskich paleośrodków.

Środowisko depozycji torfu, z którego powstał badany węgiel, było związane z anastomozującym lub meandrującym systemem rzeczny (Widera, 2019). Wyniki obecnych badań palinologicznych wskazują na obecność torfowisk krzewiastych, podobnych do współczesnych *pocosins* rosnących między korytami rzek w południowo-wschodniej Ameryce Północnej. W skład tych torfowisk wchodziły rośliny z rodzin Cyrillaceae, Clethraceae i Ericaceae. W miejscach stale podmokłych lub czasowo zalewanych rosły również *Taxodium* i/lub *Glyptostrobus*, *Nyssa*, *Alnus*, *Acer*, *Betula*, *Fraxinus*, *Salix*, *Ulmus*, *Celtis*, *Liquidambar*, *Platanus*, *Vitis*, *Zelkova*, *Carya*, *Pterocarya*, *Sciadopitys*, *Sequoia*, *Pinus* i *Osmunda*. Pobliskie zbiorowiska mezofityczne obejmowały rośliny wytwarzające pyłek kopalnego gatunku *Tricolporopollenites pseudocingulum*, *Quercus* (w tym ciepłolubne dęby wytwarzające pyłek kopalnego gatunku *Quercoidites henricii*), *Fagus*, Engelhardioideae, Castaneoideae oraz Sapotaceae i Meliaceae. Klimat był ciepły, zbliżony do subtropikalnego, ze średnią roczną temperaturą szacowaną w zakresie 15,7–17,8°C. Chociaż Chłapowo znajduje się na północnym krańcu zasięgu drugiej grupy pokładów, wnioski paleoklimatyczne wynikające z analiz nie różnią się znacząco od innych stanowisk w Europie Środkowej. Jest to zgodne z wcześniejszymi badaniami, które sugerowały stosunkowo jednolity klimat mioceńskiego optimum klimatycznego w Europie Środkowej.

Palinomorfy niepyłkowe, w tym szczątki glonów słodkowodnych, grzybów i wioślarek z rodzaju *Chydorus*, pozwoliły na pełniejszą rekonstrukcję paleośrodków. Występowanie różnych grup ekologicznych grzybów (mitosporowe grzyby *aero-aquatic*, grzyby nalistne i endofityczne grzyby zasiedlające korzenie) wskazuje na gęstą roślinność drzewiastą na torfowiskach (Worobiec i in., 2025) oraz obecność małych, płytkich zbiorników wodnych o zmiennym

poziomie wody lub okresowych zbiorników występujących tylko w porze deszczowej lub po powodziach. Zmiany liczności poszczególnych grup grzybów, skorelowane ze zmiennością innych palinomorf i palinofacji, wskazują na znaczne zmiany siedliska, w tym zmiany trofizmu torfowiska oraz jego podsychanie. W badanym materiale nie znaleziono żadnych wskaźników środowiska morskiego.

LITERATURA

- GRABOWSKA I., 1976. Palinologiczna charakterystyka osadów mioceńskich w klifie nadbałtyckim w okolicach Chłapowa. *Kwartalnik Geologiczny*, **20** (2): 406–407.
- GRABOWSKA I., 1987. Charakterystyka palinoflorystyczna i mikroplanktonowa osadów trzeciorzędowych północnej Polski na tle profili otworów wiertniczych Chłapowo I i Chłapowo III. *Biuletyn Państwowego Instytutu Geologicznego*, **356**: 65–87.
- GRABOWSKA I., WAŻYŃSKA H., 1997. Badania palinologiczne i fitoplanktonowe osadów trzeciorzędowych z Po-brzeża Gdańskiego i z Bałtyku. *Biuletyn Państwowego Instytutu Geologicznego*, **375**: 5–32.
- HEER O., 1869. Miocene baltische Flora. *Beiträge zur Naturkunde Preussens, Königsberg*, **2**: 1–104.
- PASSENDORFER E., ZABŁOCKI J., 1946. O trzeciorzędowych i czwartorzędowych utworach brzegu Bałtyku, pomiędzy Wielką Wsią a Jastrzębią Górą. *Rocznik Polskiego Towarzystwa Geologicznego*, **16**: 169–176.
- WIDERA M., 2019. What can be learned about the deposition and compaction of peat from the Miocene lignite seam exposed in the Chłapowo Cliff on the Polish coast of the Baltic Sea? *Geology, Geophysics and Environment*, **45**: 111–119.
- WOROBIEC G., WOROBIEC E., WIDERA M., GRANOSZEWSKI W., 2025. Microsclerotia of dark septate endophytic fungi from Paleogene and Neogene of Poland: Fossil record and palaeoenvironmental significance of root fungal endophytes. *Fungal Biology*, **129**: 101594.

POTENCJAŁ SUROWCOWY KONKREKCI FE-MN Z POŁUDNIOWEGO BAŁTYKU – AKTUALNY STAN WIEDZY

Karol Zglinicki^{1,*}, Michał Pilaszkiwicz¹, Agnieszka Wrzosek²,
Leszek Łęczyński³, Szymon Uścińowicz⁴, Krzysztof Szamałek¹

¹ Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy

² Uniwersytet Warszawski, Wydział Geologii

³ Uniwersytet Gdański, Wydział Oceanografii i Geografii

⁴ Instytut Budownictwa Wodnego Polskiej Akademii Nauk

*E-mail: karol.zglinicki@pgi.gov.pl

Konkrekcje żelazowo-manganowe (Fe–Mn) z południowej części Morza Bałtyckiego stanowią przedmiot rosnącego zainteresowania naukowego i gospodarczego ze względu na ich potencjał surowcowy, zwłaszcza w kontekście metali krytycznych, takich jak lit, kobalt, mangan czy molibden. Pomimo udokumentowania ich obecności na powierzchni dna morskiego, dotychczasowa wiedza o składzie geochemicznym i genezie była fragmentaryczna. Od 2018 r. realizowane są interdyscyplinarne badania, których celem jest kompleksowa charakterystyka mineralogiczna, geochemiczna i teksturalna konkrecji z obszaru Polskiej Wyłączonej Strefy Ekonomicznej (WSE). W ramach tych działań rozpoznano pięć poligonów badawczych o powierzchni 5 × 5 km oraz dokonano punktowego poboru próbek w innych rejonach WSE.

Szczegółowe rozpoznanie konkrecji Fe–Mn przeprowadzono w dwóch lokalizacjach: na styku Rynny Słupskiej z Basenem Gdańskim (miejsce poboru próbek – P1) oraz na progu pomiędzy Rynną Słupską a Basenem Bornholmskim (P2), a także na dwóch poligonach badawczych – na progu pomiędzy Rynną Słupską i Basenem Bornholmskim (RS) oraz na progu pomiędzy Rynną Słupską i Basenami Gotlandzkim i Gdańskim, w pobliżu platformy wiertniczej Baltic Beta (KK). Analizy zaawansowanymi metodami badawczymi XRD, SEM-EDS, EPMA i ICP-MS/OES pozwoliły zidentyfikować dominujące fazy mineralne oraz określić zmienność składu chemicznego konkrecji. Badane konkrecje wykazują zróżnicowaną morfologię (nieregularne, dyskoidalne, elipsoidalne, tabliczkowate i koncentryczne) oraz warstwową budowę, wskazującą na cykliczne zmiany środowiska sedymentacji i okresową wymianę roztworów porowych z wodą morską. Wyniki badań teksturalnych, mineralogicznych oraz geochemicznych pozwoliły określić mieszaną genezę konkrecji jako diagenetyczno-hydrogeniczną, z potencjalnym udziałem roztworów hydrotermalnych migrujących wzdłuż stref uskokowych.

Geochemiczne zróżnicowanie pomiędzy konkrecjami z lokalizacji P1 i P2 jest wyraźne i sugeruje wpływ lokalnych uwarunkowań sedymentacyjnych oraz zmienno-

ści warunków redoks. Konkrecje z P1 charakteryzują się wyższą zawartością Fe₂O₃ (średnio 16,8%_{wag.}) oraz niższą zawartością MnO (3,0%_{wag.}) i stosunkiem Mn/Fe w przedziale 0,12–0,43. Wyróżniają się również znacznym wzbogaceniem w lit, którego maksymalne koncentracje osiągały 444,6 ppm. Zawartość metali o potencjalnym znaczeniu ekonomicznym, takich jak ΣNi+Co+Cu, mieści się w zakresie 104,5–238,6 ppm, natomiast Zn i Mo osiągały wartości odpowiednio 78–140 ppm i 14,9–77,8 ppm. Wzorce rozkładu pierwiastków ziem rzadkich (REE) wskazują na średnią zawartość ΣREE na poziomie 188,8 ppm, z wyraźną ujemną anomalią Ce (0,82–0,93), brakiem istotnej anomalii Eu (0,88–1,04) oraz stosunkiem HREE/LREE wahającym się w granicach 2,68–3,45. Tempo wzrostu konkrecji w P1 określono na 2,2–3,5 mm/1000 lat.

Z kolei konkrecje z obszaru P2 wykazują podwyższoną zawartość MnO (6,4–21,1%_{wag.}) oraz wyższy stosunek Mn/Fe (0,50–1,25), przy jednocześnie niższym stężeniu litu, którego zawartość nie przekracza 145,4 ppm. Średnie zawartości ΣNi+Co+Cu wynoszą w tym rejonie 351,2 ppm (w zakresie od 159,0 do 530,0 ppm), natomiast ΣREE osiąga 182,6 ppm, również z ujemną anomalią Ce (0,61–0,91). Tempo wzrostu konkrecji w P2 jest istotnie wyższe i wynosi 6,5–21,0 mm/1000 lat, co najprawdopodobniej związane jest z bardziej intensywną wymianą wód dennych i obecnością aktywnych prądów przydennych. Stwierdzone wartości wskaźnika ΣNi+Co+Cu dla badanych konkrecji są niższe niż próg ekonomiczny przyjęty dla konkrecji polimetalicznych z obszaru Pacyfiku (2,5%_{wag.}), jednak korzystniejsze warunki wydobycia (mniejsze głębokości zalegania konkrecji) oraz lokalne anomalie zawartości litu wskazują na potencjalną wartość surowcową w kontekście rozwijających się technologii baterii litowo-jonowych.

Na poligonie badawczym RS przebadano próbki konkrecji z 24 punktów. Zawartość Fe₂O₃ wynosiła od 5,5 do 28,0%_{wag.} (śr. 15,3%_{wag.}), natomiast MnO od 0,39% do 5,20%_{wag.} (śr. 2,8%_{wag.}). Średnie zawartości ΣNi+Co+Cu wynoszą w tym rejonie 128,1 ppm (w zakresie od 48,6 do 219,7 ppm), natomiast ΣREE osiąga średnio 139,2 ppm. Wysoka zawartość

Ba (od 144,6 do 1226,3 ppm) może wskazywać na migrację wód termalnych i solanek z niższych pięter i ich udział w tworzeniu się konkrecji. Zawartość Li w próbkach z poligону RS nie przekracza 38,3 ppm. W próbkach z południowo-zachodniej części poligону RS widoczne jest znaczne zwiększenie zawartości P (do 12 245 ppm), co może mieć związek z wrakami statków oraz zdeponowana bronią chemiczną w Głębi Bornholmskiej.

Konkrecje Fe–Mn z południowego Bałtyku, pomimo umiarkowanej koncentracji i ograniczonego zasięgu występowania (5–8 kg/m²), mogą stanowić istotny element zasobowy pierwiastków krytycznych, zwłaszcza litu i ko-

baltu. Obszar ten przejawia cechy środowiska sprzyjającego formowaniu konkrecji o potencjale surowcowym. Prowadzone badania interdyscyplinarne podkreślają znaczenie integracji danych mineralogicznych, geochemicznych i geofizycznych dla oceny genezy i potencjału zasobowego tego typu utworów. Kluczowe znaczenie dla przyszłych prac badawczo-poszukiwawczych ma identyfikacja powiązanych ze strefami uskokuwymi anomalii cieplnych (wypływ zmineralizowanych wód podziemnych i termalnych), które mogą wskazywać na udział głębokich roztworów hydrotermalnych w dostarczaniu pierwiastków śladowych.

89.

ZJAZD NAUKOWY
POLSKIEGO
TOWARZYSTWA
GEOLOGICZNEGO

➤ POSTERY

GDYŃSKIE UJĘCIA WÓD PODZIEMNYCH

Agnieszka Bugalska^{1,*} Oliwia Hajmowicz¹

¹ Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy, Oddział Geologii Morza

*E-mail: agnieszka.bugalska@pgi.gov.pl

Zaopatrzenie Gdyni w wodę opiera się na eksploatacji wielopoziomowego systemu wodonośnego, charakteryzującego się skomplikowanymi warunkami hydrostrukturalnymi i hydrodynamicznymi. Ujmowane są piętra wodonośne: czwartorzędowe, neogeńskie, paleogeńskie i górnokredowe.

W obrębie piętra **czwartorzędowego** rozpoznano trzy poziomy wodonośne: pierwszy (Qm-I), drugi (Qm-II) i trzeci (Qm-III). Trzeci poziom wodonośny występuje jedynie lokalnie, w strukturach kopalnych. Pierwszy i drugi poziom wodonośny, w obrębie wysoczyzny Pojezierza Kaszubskiego, występują w sposób ciągły. Wraz z obniżeniem terenu, w strefie krawędziowej wysoczyzny, pierwszy poziom traci swoją miąższość. W obrębie dolin i w strefie brzegowej jest całkowicie wyerodowany. Są miejsca, gdzie poziomy łączą się, tworząc wspólny kompleks wodonośny. Drugi poziom wodonośny (Qm-II) często pozostaje w kontakcie hydraulicznym z warstwami wodonośnymi neogenu.

Osady **neogenu i paleogenu** występują na całym omawianym obszarze, ale nie zawsze tworzą użytkowy poziom wodonośny. Główną przyczyną jest niewielka miąższość i słabe parametry hydrogeologiczne.

Kredowy poziom wodonośny został rozpoznany w całym rejonie Gdyni. Występuje w osadach piaszczystych,

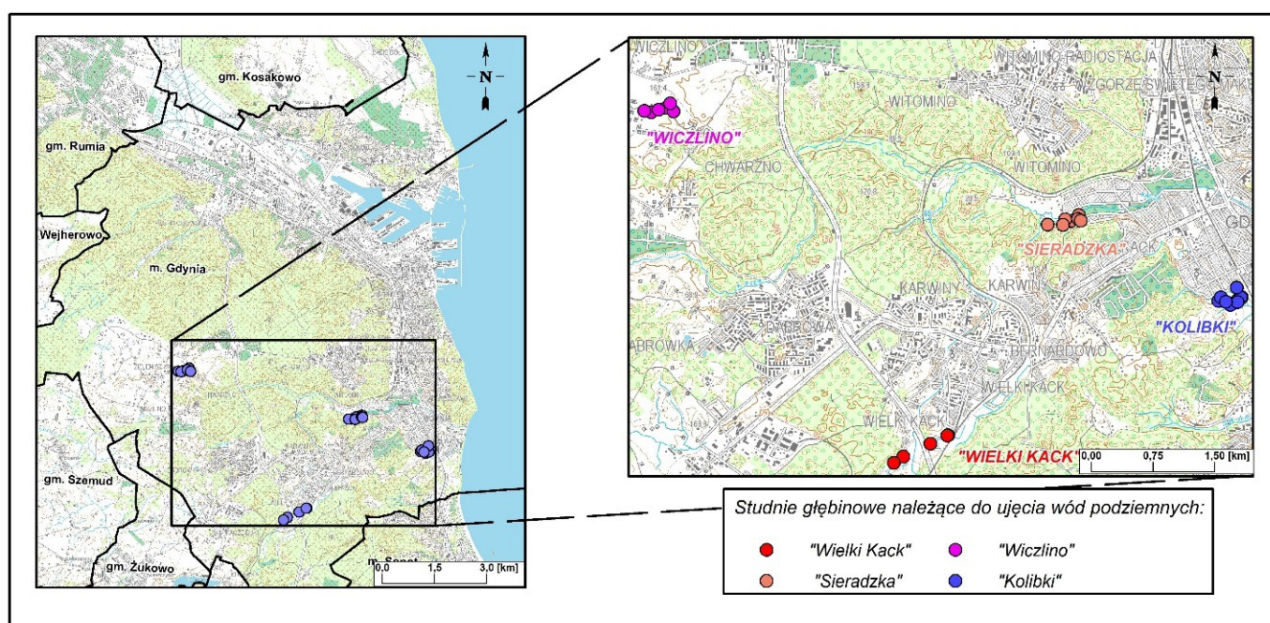
znajdujących się pod utworami serii węglanowo-krzemionkowej.

Wody podziemne są eksploatowane przez cztery komunalne ujęcia wód podziemnych: „**Wiczlino**”, „**Wielki Kack**”, „**Sieradzka**” i „**Kolibki**” (ryc. 1).

Ujęcie „**Wiczlino**” jest zlokalizowane na wysoczyźnie Pojezierza Kaszubskiego. Składa się z 6 studni głębinowych. Rozpoznano tu trzy czwartorzędowe poziomy wodonośne: Qm-I, Qm-II i Qm-III. Poziom trzeci (Qm-III) występuje w dolinie kopalnej, powstałej na skutek wyerodowania osadów neogenu i paleogenu. Struktura kopalna ma charakter regionalny i rozprzestrzenia się od Jeziora Ostrzyckiego, przez ujęcie „Osowa” aż do ujęcia „Wiczlino”.

Ujęcie „**Wielki Kack**” składa się z 5 studni głębinowych. Jest położone w strefie krawędziowej wysoczyzny Pojezierza Kaszubskiego. Ujęto tu pierwszy (Qm-I) i drugi (Qm-II) czwartorzędowy poziom wodonośny oraz piętro paleogeńskie (oligocen Pg). Warstwa osadów gliniastych, rozdzielających czwartorzędowe poziomy wodonośne, nie jest ciągła i w rezultacie tworzą one lokalnie jeden kompleks wodonośny.

Ujęcie „**Sieradzka**” znajduje się w strefie krawędziowej wysoczyzny Pojezierza Kaszubskiego. Składa się z 9 studni głębinowych. Eksploatowany jest tu drugi czwartorzędowy poziom wodonośnym (Qm-II), poziom mioceni (Ng) oraz



Ryc. 1. Lokalizacja ujęć wód podziemnych w Gdyni

piętro kredowe (K). W części ujęcia (dolina rzeki Kaczej) poziom czwartorzędowy (Qm-II) i mioceński kontaktują się ze sobą, tworząc wspólny poziom wodonośny. Pierwszy czwartorzędowy poziom wodonośny (Qm-I) został rozpoznany na ujęciu, ale ze względu na małą miąższość, ujmuje go jedynie otwory obserwacyjne.

Ujęcie „**Kolibki**” jest położone w południowej części mezoregionu Pobrzeża Kaszubskiego, a dokładnie w mikroregionie Obniżenie Redłowskie. Na ujęciu pracuje 9 studni. Eksploatują one czwartorzędowe i kredowe piętro wodonośne. W obrębie czwartorzędu występuje tylko drugi poziom wodonośny.

BADANIA CHEMICZNE POLIHALITU Z REJONU NADBAŁTYCKIEGO POLSKI

Paulina Cyran^{1,2,*}, Aleksandra Basiura^{1,3},
Tomasz Tobała², Katarzyna Szramowiat-Sala³

¹ Ośrodek Badawczo-Rozwojowy Górnictwa Surowców Chemicznych „CHEMKOP” Sp. z o.o.

² AGH Akademia Górniczo-Hutnicza, Wydział Geologii, Geofizyki i Ochrony Środowiska

³ AGH Akademia Górniczo-Hutnicza, Wydział Energetyki i Paliw

*E-mail: paulina.cyran@chemkop.pl

Polihalit ($K_2Ca_2Mg(SO_4)_4 \cdot 2H_2O$) jest minerałem siarczanowym, należącym do grupy soli potasowo-magnezowych, który występuje w złożach ewaporatowych. W Polsce udokumentowano jego występowanie w utworach cechsztyńskich rejonu nadbałtyckiego, gdzie pojawia się w postaci soczewek i nieregularnych wkładek wśród anhydrytu i halitu. Minerale ten powstaje głównie w wyniku procesów metasomatycznych polegających na przemianie anhydrytu w warunkach intensywnej cyrkulacji solanek bogatych w potas i magnez.

Niniejsza praca koncentruje się na występowaniu, genezie i cechach fizyczno-chemicznych polihalitu w rejonie nadbałtyckim Polski, ze szczególnym uwzględnieniem jego składu chemicznego w próbkach z wybranych otworów wiertniczych rejonu Zatoki Puckiej. Badania oparto na analizie danych geologicznych pochodzących z archiwal-

nych odwiertów oraz dostępnej literatury, a także na analizach chemicznych próbek skał zawierających polihalit.

Analiza chemiczna i mineralogiczna pozwala nie tylko na ocenę czystości i struktury polihalitu, ale również na identyfikację domieszek, które mogą świadczyć o historii krystalizacji i przemianach geochemicznych.

Z punktu widzenia badań laboratoryjnych, istotnym problemem pozostaje brak międzynarodowych norm i procedur analitycznych dedykowanych polihalitom lub grupie podobnych kopalini. Standaryzacja procedur analiz chemicznych jest kluczowa dla uzyskania wiarygodnych i powtarzalnych rezultatów.

Przeprowadzono testy rozpuszczalności względnej polihalitu, który charakteryzuje się niską rozpuszczalnością w wodzie. Przeprowadzono ekstrakcję bezpośrednio z próbki proszkowej i ekstrakcję dla materiału prażonego.



LOKALIZACJA ZŁOŻ SOLI POLIHALITOWYCH W REJONIE PUCKA NA POMORZU (WG: CZAPOWSKI I IN., 2008)
LOCATION OF POLYHALITE DEPOSITS IN THE REGION OF PUCK (AFTER: CZAPOWSKI ET AL., 2008)

Ryc. 1. Mapa złóż soli potasowo-magnezowej (polihalitu) oraz kamiennej w powiecie puckim w Polsce
Źródło: https://www.pgi.gov.pl/images/muzeum/kopalnia_wiedzy/surowce/foldery/sole_potasowe.pdf
[dostęp: 21.07.2025]

Skład chemiczny oznaczano zarówno w wyciągu wodnym, jak i po mineralizacji kwasowej części nierozpuszczonych w wodzie.

W badaniach chemicznych zastosowano metody klasyczne i instrumentalne według nowo opracowywanych metod: oznaczenia K (fotometria płomieniowa, ICP-OES, elektroda jonoselektywna), Ca i Mg (kompleksometria), SO_4 (grawimetria), Cl (miareczkowanie potencjometryczne), Na (fotometria płomieniowa), a także oznaczenia wybranych metali ciężkich i pierwiastków śladowych metodą ICP-OES. Próbkę polihality analizowano również za pomocą skaningowej mikroskopii elektronowej (SEM) z detektorem EDS, co pozwoliło na identyfikację głównych pierwiastków (K, Ca, Mg, S, O) oraz obserwacje mikrostrukturalne i punktowe. W celu identyfikacji mineralogicznej wykonano badania za pomocą techniki dyfrakcji rentgenowskiej (XRD).

Przeprowadzone badania chemiczne próbek polihality z rejonu nadbałtyckiego Polski pozwoliły na określenie głównych składników mineralnych oraz identyfikację domieszek i pierwiastków śladowych. Wyniki oznaczeń podstawowych kationów (K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+) oraz anionów (SO_4^{2-} , Cl^-) wykazały, że skład chemiczny odpowiada polihality, jednak stwierdzono zmienny udział anhidrytu jako fazy towarzyszącej oraz niewielką obecność NaCl. Uzyskane wyniki wskazują na zróżnicowanie składu chemicznego między próbkami, co może odzwierciedlać lokalne warunki sedymentacji oraz wtórne procesy diagenetyczne. Wyniki wskazują na istotną rolę zmienności chemizmu solanek w kształtowaniu mineralizacji siarcza-

nowej oraz późniejsze procesy diagenety, które wpływały na rekrytalizację i relokację minerałów. Zawartość pierwiastków śladowych w badanych próbkach nie stanowi znaczenia gospodarczego.

Analizy wykonane technikami instrumentalnymi (ICP-OES, SEM-EDS, XRD) potwierdziły dominację polihality. Wykonane testy rozpuszczalności potwierdziły ograniczoną rozpuszczalność polihality w wodzie w porównaniu z halitem czy kainitem. Badania materiału prażonego wskazały dodatkowo, że dehydratacja i rozpad struktury krystalicznej prowadzą do zmian w mobilności poszczególnych jonów, oraz powstawania faz wtórnych co znalazło odzwierciedlenie w podwyższonej rozpuszczalności niektórych składników. Obserwacje mikrostrukturalne ujawniły ślady rekrytalizacji i rozpadu, wskazujące na podatność polihality na przemiany w zmiennych warunkach fizykochemicznych.

Brak norm analitycznych dla tego minerału wskazuje na konieczność wypracowania procedur laboratoryjnych, co jest przedmiotem pracy badawczej, stanowiącej element doktoratu wdrożeniowego.

Wyniki badań stanowią podstawę do dalszej oceny potencjału surowcowego polihality w aspekcie gospodarczym i nawozowym. Ostateczna interpretacja wyników badań chemicznych wymaga nie tylko zastosowania precyzyjnych metod analitycznych, lecz także uwzględnienia szerokiego kontekstu geologicznego i środowiskowego.

Podziękowania. Autorzy dziękują za wsparcie finansowe Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie (numer doktoratu wdrożeniowego: (68.10.210.616) ufundowane przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego.

PROPOZYCJA FORMALNEGO PODZIAŁU LITOSTRATYGRAFICZNEGO JURY ŚRODKOWEJ NA OBSZARZE CENTRALNEJ CZĘŚCI NIŻU POLSKIEGO

Anna Feldman-Olszewska^{1, *}

¹ Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy

*E-mail: anna.feldman-olszewska@pgi.gov.pl

Jura środkowa jest jedynym oddziałem w tabeli stratygraficznej Polski (Wagner, 2008), który do tej pory nie doczekał się formalnego podziału litostratygraficznego. Jedynie na obszarze Wyżyny Krakowsko-Wieluńskiej funkcjonują od dawna nieformalne jednostki stratygraficzne takie jak: częstochowskie iły rudonośne (w ostatnich latach podniesione do rangi formacji), warstwy kościeliskie, oolity częstochowskie, oolity balińskie, oolity krakowskie. Wypełnienie zaistniałej luki wydaje się zagadnieniem znaczącym i umożliwi lepszą charakterystykę i korelację utworów jury środkowej w otworach wiertniczych.

Najpełniejszy profil oraz największą miąższość do 1100 m utwory jury środkowej osiągają w centralnej części Niżu Polskiego, na obszarze wału kujawskiego. W rejonie tym odwiercono kilka otworów wiertniczych o znacznym rdzeniowaniu. Otwory te opracowano w szczegółowy sposób pod względem stratygraficznym, litologicznym, sedymentologicznym i petrograficznym. Dla wielu z nich wyniki opublikowano w serii „Profile Głębokich Otworów Wiertniczych PIG”. W pełni rdzeniowane odcinki ich profili są bardzo dobrymi kandydaturami na stratotypy i hipostratotypy formalnych jednostek stratygraficznych. Część tego materiału rdzeniowego już dziś zabezpieczono jako odcinki stratotypowe w ramach zadania służby geologicznej.

Dla profilu jury środkowej, na podstawie wymogów „Polskiej zasady stratygrafii” (Racki, Narkiewicz, 2006), zaproponowano wydzielenie 10 formacji: piaskowców ze

Studziannej (aalen dolny), iłowców z Brześcia Kujawskiego (aalen górny – niższy bajos dolny), piaskowców z Gałkówek (wyższy bajos dolny), iłowców i mułowców z Gostynina (bajos górny), piaskowców i heterolitów z Żychlina (najwyższy bajos górny), iłowców rudonośnych z Łęczycy (baton dolny), piaskowców i mułowców z Głogowca (baton środkowy), piaskowców i zlepieńców z Wojszyc (baton środkowy), iłowców i mułowców z Bydgoszczy (baton górny), piaskowców, dolomitów i wapieni z Krośniewic (baton górny – kelowej dolny). Kelowej środkowy i górny na obszarze Polski centralnej jest wykształcony jako kilkudziesięciocentymetrowej miąższości poziomej kondensacji stratygraficznej zwany „warstwą bulastą”. Nowo utworzone formacje scharakteryzowano według schematu: nazwa, definicja, stratotyp i hipostratotyp, granice jednostki, miąższość, opis jednostki, zasięg regionalny, wiek, elementy dodatkowe (np. interpretacja środowiska sedymentacji).

LITERATURA

- RACKI G., NARKIEWICZ M. (red. nauk.), 2006. Polskie zasady stratygrafii. Państwowy Instytut Geologiczny. Warszawa: 1–78.
- WAGNER R. (red. nauk.), 2008. Tabela stratygraficzna Polski. Państwowy Instytut Geologiczny. Warszawa.

Projekt finansowany ze środków NFOŚiZN nr 22.2201.2401.00.1 oraz 22.2901.2101.00.1

WPŁYW CZŁOWIEKA NA ZMIANY ROŚLINNOŚCI MIERZEI WIŚLANEJ – WSTĘPNE WYNIKI BADAŃ PALEOŚRODOWISKOWYCH

Artur Górecki^{1,*}, Anna Hrynowiecka², Krzysztof Ninard³, Nick Schafstall⁴,
Renata Stachowicz-Rybka⁵, Krzysztof Stachowicz⁵, Sylwia Skoczylas-Śniaz⁵,
Katarzyna Cywa⁵, Natalia Piotrowska⁶, Marzena Kłusek⁶

¹ Uniwersytet Jagielloński, Wydział Biologii, Instytut Botaniki

² Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy, Oddział Geologii Morza

³ Uniwersytet Jagielloński, Wydział Geografii i Geologii, Instytut Nauk Geologicznych

⁴ Nature Research Centre, Laboratory of Quaternary Research

⁵ Instytut Botaniki im. W. Szafera Polskiej Akademii Nauk

⁶ Politechnika Śląska, Instytut Fizyki, Zakład Geochronologii i Badań Izotopowych Środowiska

*E-mail: artur.gorecki@uj.edu.pl

Współczesna roślinność Mierzei Wiślanej charakteryzuje się znaczną różnorodnością wynikającą zarówno z lokalnych warunków siedliskowych, jak i wielowiekowej działalności człowieka udokumentowanej w nielicznych badaniach paleośrodowiskowych (Redmann, 1938; Zachowicz, 1998; Savukynienė i in., 2003) i źródłach historycznych (Długokęcki, 1995). Współcześnie dominującymi zbiorowiskami są kwaśne dąbrowy z klasy *Quercetea robori-petraeae*, głównie zespół Fago-Quercetum, porastające starsze wydmy oraz nadmorskie bory bażynowe (*Empetro nigri-Pinetum*), które ze względu na rzadkość gatunku charakterystycznego – bażyny czarnej, znacząco odbiegają od typowego wariantu tego zespołu (Lenartowicz i in., 2001). Istotnym elementem roślinności są także suboceaniczne bory świeże (*Leucobro-Pinetum*) oraz brzeziny bagienne (*Vaccinio uliginosi-Betuletum pubescentis*), związane z naturalną sukcesją na torfowiskach śródleśnych. Dotychczasowe analizy palinologiczne z obszaru Mierzei Wiślanej i nieodległej Mierzei Kurońskiej wskazują na wyraźny wpływ działalności ludzkiej, szczególnie wypasu zwierząt i procesów eolicznych, na kształtowanie się miejscowej szaty roślinnej (Savukynienė i in., 2003).

Przeprowadzone badania paleośrodowiskowe objęły analizę sześciu próbek pobranych z paleogleby bielcowej rozwiniętej na pogrzebanych wydmach starszej generacji („brunatnych”) oraz dwóch profili pochodzących z soczewek torfowych wypełniających dawne zagłębienia międzywydmowe. Osady te zostały pogrzebane pod osiagającymi do 20 m miąższości piaskami wydmy „żółtej”, a ich odsłonięcie było możliwe podczas budowy przekopu przez Mierzeję Wiślaną w latach 2020–2022. W celu ustalenia wieku badanych osadów wykonano 16 datowań radiowęglowych techniką AMS. Dodatkowo pobrano trzy profile

ze współcześnie funkcjonujących torfowisk przejściowych zlokalizowanych w sąsiedztwie przekopu.

Wyniki uzyskane z kopalnych profili umożliwiają identyfikację kluczowych etapów rozwoju roślinności Mierzei w średniowieczu i okresie nowożytnym: od pierwotnych lasów brzozowo-sosnowych, przez mieszane lasy sosnowo-dębowe, aż po powrót dominacji sosny. W analizowanych próbkach paleoglebowych szczególnie interesujący jest wysoki udział pyłku *Calluna vulgaris*, świadczący o intensywnym antropogenicznym użytkowaniu tego terenu między XV a XVII wiekiem (Savukynienė i in., 2003). Obecność wrzosowisk w XVI w. potwierdzają zapiski historyczne wzmiankujące o pożarze tych zbiorowisk w rejonie Skowronek (Vogelsang) w 1588 r. (Redmann, 1938). Wstępne wyniki badań paleobotanicznych profilu Krynica Morska 2 pobranego ze współcześnie funkcjonującego torfowiska przejściowego sugerują bardzo młody wiek osadów. Badana seria torfów zaczęła najprawdopodobniej deponować się już po ustabilizowaniu najmłodszych wydmy w XIX w. Uzyskane wyniki stanowią istotny wkład do badań nad wpływem historycznej działalności człowieka na rozwój krajobrazu roślinnego wybrzeża Bałtyku.

LITERATURA

- DŁUGOKĘCKI W., 1995. Mierzeja Wiślana: od XIII do połowy XV wieku (1454 r.). Wydaw. Uniwersytetu Gdańskiego, Gdańsk.
- LENARTOWICZ Z., MACHNIKOWSKI M., WOJTYNIAK J., 2001. Szata roślinna Mierzei Wiślanej i terenów przyległych. [W:] E. Gerstmannowa (red.) Materiały do Monografii Przyrodniczej Regionu Gdańskiego. Tom VII. Park Krajobrazowy „Mierzeja Wiślana”. Wydaw. Gdańskie, Gdańsk.

- REDMANN H., 1938. Untersuchungen über die Waldgeschichte der Frischen Nehrung mit besonderer Berücksichtigung des Buchenvorkommens bei Kahlberg. *Physikalisch-Ökonomische Gesellschaft zu Königsberg Schriften*, **70**: 127–180.
- SAVUKYNIENĖ N., MOE D., ŪSAITYTĖ D., 2003. The occurrence of former heathland vegetation in the coastal areas of the south-east Baltic sea, in particular Lithuania: a review. *Vegetation History and Archaeobotany*, **12**: 165–175.
- ZACHOWICZ J., 1998. Historia szaty roślinnej Żuław i Międzywiślańskiej. [W:] J. Herbich, M. Herbich (red.) Szata roślinna Pomorza: zróżnicowanie, dynamika, zagrożenia, ochrona: przewodnik sesji terenowych 51. Zjazdu Polskiego Towarzystwa Botanicznego, 15–19 IX 1998. Wydaw. Uniwersytetu Gdańskiego.

JEZIORO ŻARNOWIECKIE – CZEGO JESZCZE O NIM NIE WIEMY? WSTĘPNE WYNIKI BADAŃ NOWEGO RDZENIA OSADÓW

Anna Hrynowiecka^{1,*}, Monika Rzodkiewicz¹, Monika Niska³, Mateusz Kramkowski⁴,
Mirostaw Błaszkiwicz⁴, Anna Kamińska⁵, Natalia Piotrowska⁵

¹ Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy, Oddział Geologii Morza

² Uniwersytet Adama Mickiewicza, Wydział Nauk Geograficznych i Geologicznych

³ Uniwersytet Pomorski w Słupsku, Instytut Geografii

⁴ Instytut Geografii i Przestrzennego Planowania Państwowej Akademii Nauk

⁵ Politechnika Śląska, Instytut Fizyki-CND

*E-mail: anna.hrynowiecka@pgi.gov.pl

Jezioro Żarnowieckie (Wysoczyzna Choczewska, N Polska) leży w obszernej rynnie subglacialnej, która powstała podczas ostatniego zlodowacenia. Jednak na linii współczesnej rynny istnieje szerokie i głęboko wcięte (322,9 m p.p.m. – najniższa udokumentowana rzędna powierzchni podczwartorzędowej na Niżu Środkowoeuropejskim) kopalne obniżenie rozcinające osady kenozoiczne, jurajsko-kredowe, sięgające do triasu. To kopalne obniżenie w kierunku południowym znacznie wykracza poza współczesną rynnę, a w kierunku północnym kontynuuje się na obszarze Bałtyku, gdzie została udokumentowana na profilu wysokorozdzielczej sejsmiki refleksyjnej (Kramarska i in., 1999). Jego relacja do wczesnoplejstoceńskich baz erozyjnych wskazuje, że jest to głęboko wcięta rynna subglacialna, która powstała w trakcie zlodowacenia Sanu 2 (Elsterian, MIS 12). Wstępna interpretacja profili wierceń sugeruje również, że na linii tej kopalnej formy następowały powtarzające się fazy rozcinania, które były powiązane z subglacialną erozją w trakcie kolejnych, młodszych zlodowaceń, oraz fazy wypełniania osadami jeziornymi i morskimi w czasie następujących po nich okresów interglacialnych (Małka i in., 2023; Błaszkiwicz, Tylmann, 2024). Na polskim wybrzeżu rynny subglacialne zostały udokumentowane w wielu miejscach (Mojski, Tomczak, 1994; Uścińowicz, 1995; Kramarska i in., 2002), jednak po wypełnieniu młodszymi osadami nie są widoczne na powierzchni.

Do tej pory w osadach jeziornych J. Żarnowieckiego przeprowadzono badania palinologiczne (Latałowa, 1982, 2002) skoncentrowane na historii roślinności i rozwoju osadnictwa tego obszaru w holocenie. Przeanalizowano osady o miąższości 450 cm, których akumulacja rozpoczęła się pod koniec późnego glacjału. Lecz na jeszcze większą uwagę zasługują osady jeziorne, które dotychczas nie były w ogóle analizowane, poniżej 450 cm, które zespół autorów pobrał sondą Więckiego w 2023 r. Przy 16 m głębokości wody odwiercono dwa ok. 800 cm profile osadów

z dna J. Żarnowieckiego reprezentowane przez gytę oliwkową do 490 cm, laminowaną na odcinku 310–370 cm, mułek jasnoszary do 760 cm i mułek z przewarstwieniami piasku do 800 cm. Profile zsynchronizowano i opróbowano z rozdzielczością co 1 cm do zaplanowanych badań multidyscyplinarnych.

Przeprowadzona wstępnie analiza palinologiczna pozwoliła na wyznaczenie w badanym osadzie wszystkich dobrze zachowanych etapów holocenu (od 0 do 520 cm). Późny Vistulian zapisał się natomiast w postaci stadialnego Młodsze Dryasu (530–650 cm) i interstadialnego Allerødu, być może w połączeniu z Bøllingiem (660–750 cm). Osady Allerødu/Bøllingu i starsze wykazują znaczną redepozycję, co potwierdzają ich postarzone datowania radiowęglowe.

Pod względem składu okrzemkowego przeanalizowano osad od 0 do 790 cm. Od stropu do głębokości 4 m okrywy okrzemek zachowały się w bardzo dobrym stanie i występują licznie. W spągowych partiach rdzenia flora okrzemkowa jest nieliczna lub zupełnie jej brak. Dominującymi gatunkami były taksony planktoniczne, najliczniej reprezentowane przez *Stephanodiscus medius*, *S. niagarae*, *S. hantzchi*, *S. parvus*, *Aulacoseira islandica*, *A. crenulata*. Spośród gatunków bentonicznych dominowały *Amphora pediculus*, *Martyana martyi*, *Pseudostaurosira brevistriata* i *Staurosira construens*.

Planowane, kolejne badania wzbogacą uzyskany obraz i pozwolą odpowiedzieć na pytanie, jaką rolę pełniła Rynna Żarnowiecka w końcowej fazie Vistulianu i początkach holocenu wraz z kwestią funkcjonowania w niej zatoki morskiej w fazie transgresji lityrynowej.

LITERATURA

BŁASZKIWICZ M., TYLMAN K., 2024. Tunnel Valleys of the Tuchola Forest and Kashubian Lake District. [W:] P. Migoń, K. Jancewicz (red.) Landscapes and Landforms of Poland. Springer: 615–632.

- KRAMARSKA R., KRZYWIEC P., DADLEZ R., JEGLIŃSKI W., PAPIERNIK B., PRZEZDZIECKI P., ZIENTARA P., 1999. Mapa geologiczna dna Bałtyku bez utworów czwartorzędowych. Państw. Inst. Geol., Gdańsk–Warszawa.
- KRAMARSKA R., UŚCINOWICZ SZ., ZACHOWICZ J., 2002. Kenozoik południowego Bałtyku – wybrane zagadnienia. *Przeгляд Geologiczny*, **50** (8): 709–716.
- LATAŁOWA M., 1982. Postglacial vegetational changes in the Eastern Baltic coastal zone of Poland. *Acta Palaeobotanica*, **22** (2): 179–249.
- LATAŁOWA M., 2002. Ewolucja środowiska przyrodniczego w rynnach jeziora Żarnowieckiego i na otaczających ją wysoczyznach w ciągu ostatnich około 11 tys. ¹⁴C lat BP. Przewodnik LXXIII Zjazdu Polskiego Towarzystwa Geologicznego. Państwowy Instytut Geologiczny, Gdańsk.
- MAŁKA A., JURYS L., MASZLOCH E., WIRKUS K., PĄCZEK U., 2003. Szczegółowa mapa geologiczna Polski w skali 1:50 000, ark. Sławoszyno, aktualizacja. PIG-PIB. Warszawa.
- MOJSKI J.E., TOMCZAK A. 1994. Większe formy subglacialne w rzeźbie podczwartorzędowej polskiego wybrzeża. *Acta Universitatis Nicolai Copernici, Geografia*, **27**: 241–249
- UŚCINOWICZ S., 1995. Miąższość czwartorzędu, Tablica XIII. [W:] J.E. Mojski i in. (red.) Atlas Geologiczny południowego Bałtyku. Państw. Inst. Geol., Sopot–Warszawa.

BUDOWA GEOLOGICZNA OKOLIC USTKI W ŚWIETLE BADAŃ METODĄ TOMOGRAFII ELEKTROOPOROWEJ

Mirosław Kamiński^{1,*}, Mirosław Krawczyk¹,
Piotr Zientara¹, Mirosław Ludwiniak¹

¹Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy

*E-mail: miroslaw.kaminski@pgi.gov.pl

W ramach przeprowadzonych badań dokonano nieinwazyjnego rozpoznania budowy geologicznej utworów czwartorzędowych w rejonie Ustki (pomiędzy kanałami Słupii i Szczuczy; obszar ok. 100 km², długość linii brzegowej ok. 48,8 km) z wykorzystaniem tomografii elektrooporowej (ERT). Podczas prac terenowych w latach 2021–2022 wykonano osiem profili o łącznej długości 15 400 m (Bukowo, Dąbki, Darłówko, Wicie 1 i 2, Jarosławiec, Modlinek, Uroczysko), ułożonych zarówno równolegle, jak i prostopadle do linii brzegowej.

Do pomiarów wykorzystano system Terrameter LS 2 z selektorem w konfiguracji Gradient XL, zestaw dwóch kabli (21 elektrod każdy) o odstępach elektrod co 10 m. Prąd stały (0,5 A, 12 V) wprowadzano sekwencyjnie pomiędzy elektrodami prądowymi, a potencjał rejestrowano na parach elektrod pomiarowych. Każdy pomiar powtarzano dwukrotnie w celu oceny powtarzalności i redukcji szumów (filtracja w paśmie 0,1–10,0 Hz), odrzucono wyniki o S/N < 3. Wstępną obróbkę wyników wykonano z użyciem oprogramowania EarthImager 2D, a inwersję danych – w programie Res2DInv (wersja 3.59) z adaptacyjnym ważeniem rezydualnym (L2 – norma z wagą Huberowską) i al-

gorytmem gradientowym na siatce 1 m, przy regularyzacji Tikhonova II rzędu, zakończonej po osiągnięciu RMS < 5% (maks. 15 iteracji).

Modele opornościowe pozwoliły syntetycznie wyróżnić w osadach czwartorzędowych: powierzchniowy kompleks piasków eolicznych i holocenijskich mułków o opornościach > 80 Ωm, strefę zwałowych glin piaszczystych i ilastych (40–150 Ωm) oraz holocenijskie ility i mułki o niskich opornościach – 5–40 Ωm. W wielu przekrojach ujawniły się także subglacjalne rynny erozyjne wypełnione materiałem wysokooporowym (> 300 Ωm) oraz liniowe anomalie niskiego oporu (30–50 Ωm) interpretowane jako glaciektogeniczne strefy uskokowe o wielkości zrzutu dochodzącej do kilkudziesięciu metrów. Przebieg i głębokość tych struktur pozwala na identyfikację potencjalnych korytarzy migracji wód gruntowych i zanieczyszczeń.

Uzyskane wyniki potwierdzają, że ERT jest skuteczną metodą geofizyczną użyteczną do szczegółowego, dwuwymiarowego obrazowania litologii osadów czwartorzędowych, stanowiąc wartość dodaną dla projektowania dalszych badań 3D i weryfikacji budowy geologicznej odwiertami i sejsmiką refleksyjną.

WŁAŚCIWOŚCI ZBIORNIKOWE SKAŁ KARBONU NA POMORZU ZACHODNIM

Aleksandra Kozłowska^{1, *}

¹ Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy

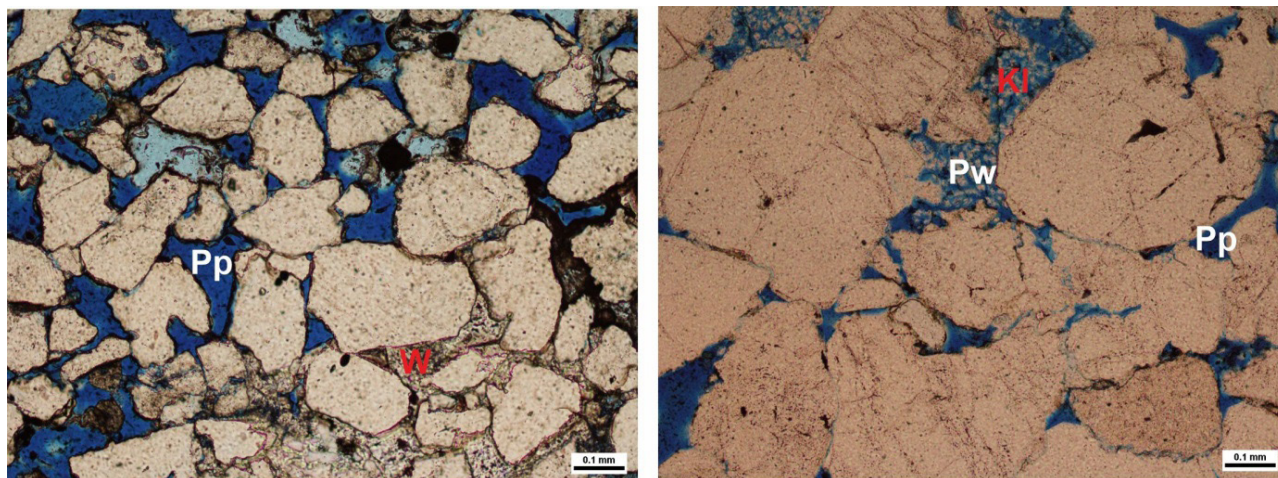
*E-mail: aleksandra.kozłowska@pgi.gov.pl

Osady karbonu na obszarze Pomorza Zachodniego występują w strefie Kamień Pomorski – Koszalin (z akwenem morskim na północy w obrębie polskiej części Bałtyku). Karbon został tu nawiercony lub przewiercony w kilkudziesięciu otworach, jednak tylko w kilku otworach uzyskano pełny jego profil. Osady karbonu leżą niezgodnie na utworach dewonu, a w ich stropie zalegają osady czernego spągowca lub cechsztynu. Na obszarze Pomorza Zachodniego od wielu lat są prowadzone badania związane z poszukiwaniem węglowodorów w osadach karbonu (m.in. Lipiec i in., 1998; Biernacka, 2004; Kozłowska, 2008). Przedmiotem badań były piaskowce missisipu (turnej, wizen) i pensylwanu (westfal, stefan–?autun) należące do nieformalnych jednostek litostratygraficznych, tj. formacji: Łobżonki, Gozdu i Drzewian (missisip) oraz Wolina, Regi i Dziwny (pensylwan) (Żelichowski, 1987; Matyja, 2006).

Osady missisipu powstały w obrębie bardzo zróżnicowanych środowisk sedymentacyjnych, począwszy od morskich do rzecznych. Najgłębiej położone piaskowce rozpoznano w obrębie formacji Łobżonki i Gozdu, a nieco płycej występują piaskowce formacji Drzewian, częściowo równowiekowe oraz młodsze od osadów Gozdu. Piaskowce formacji Łobżonki i Drzewian to głównie bardzo drobno- i drobnoziarniste arenity i waki kwarcowe (ryc. 1A). Piaskowce formacji Gozdu reprezentują od drobno- do

gruboziarnistych arenity i waki arkozowe, subarkozowe, rzadziej lityczne i sublityczne, wulkanoklastyczne. Spoiwo piaskowców składa się z minerałów ilastych (illit, kaolinit, dickit?, chloryty), kwarcu autigenicznego, węglanów (dolomit, kalcyt, rzadko ankeryt i syderyt), siarczanów (anhydryt, gips, baryt) oraz lokalnie skaleni autigenicznych. Piaskowce charakteryzują się zmienną porowatością od ułamka do ok. 20%, maksymalnie ok. 30%. W piaskowcach występuje porowatość pierwotna oraz wtórna. Przy większej wartości porowatości przepuszczalność dochodzi do kilku mD, maksymalnie wynosi ok. 1000 mD. Bardzo dobrymi właściwościami zbiornikowymi i filtracyjnymi wyróżniają się piaskowce formacji Drzewian, a gorszymi Gozdu (Darłak i in., 1998).

Osady pensylwanu charakteryzują przejście od warunków morskich – równi pływowej – do warunków lądowych – środowiska rzeczno- i jeziornego. Piaskowce formacji Wolina, Regi i Dziwny reprezentują najczęściej arenity i waki kwarcowe od bardzo drobnych do gruboziarnistych (ryc. 1B). Głównymi składnikami ich spoiwa są: kwarc autigeniczny, minerały ilaste (illit, kaolinit, dickit) oraz hematyt. Lokalnie w znacznych ilościach występują: węglany (Mn-kalcyt, dolomit, ankeryt oraz syderyt) i siarczany (anhydryt, baryt). Większość analizowanych piaskowców charakteryzuje się porowatością ok. 10%, maksymalnie



Ryc. 1. Zdjęcia wykonane w mikroskopie polaryzacyjnym, bez analizatora; próbki impregnowane niebieską żywicą. **A.** Drobnoziarnisty arenit kwarcowy z zachowaną porowatością pierwotną (Pp); węglany (W). Koszalin IG 1, głęb. 2795,4 m (formacja Drzewian). **B.** Porowatość pierwotna (Pp) i porowatość wtórna (Pw) pomiędzy krystalitami kaolinitu (Kl) w średnioziarnistym arenicie kwarcowym. Gorzysław 10, głęb. 2896,2 m (formacja Regi)

ok. 20%. Dominuje porowatość pierwotna, natomiast porowatość wtórna stanowi niewielki procent. Przepuszczalność badanych próbek piaskowców waha się od <0,1 do ok. 230,0 mD. Najlepsze właściwości zbiornikowe mają piaskowce formacji Regi.

Piaskowce karbonu były poddane działaniu procesów diagenetycznych, które zachodziły w dwóch etapach: eo- i mezodiagenety. Głównymi procesami, jakie miały wpływ na porowatość piaskowców były: kompaktacja, cementacja oraz rozpuszczanie.

LITERATURA

BIERNACKA J., 2004. Diagenetyczne przeobrażenia dolnokarbońskich piaskowców arkozowych Pomorza Zachodniego. [W:] A. Protas i in. (red) Pozycja geologiczna i petrologiczna utworów podłoża permu w strefie Koszalin–Chojnice. Poznań: 29–41.

DARŁAK B., KOWALSKA-WŁODARCZYK M., KOBYLECKA A., LEŚNIAK G., SUCH P., 1998. Przegląd wyników badań właściwości zbiornikowych i filtracyjnych wybranych

skał zbiornikowych basenów młodopaleozoicznych Niżu Polskiego. [W:] M. Narkiewicz (red.) Analiza basenów sedimentacyjnych Niżu Polskiego. *Prace Państwowego Instytutu Geologicznego*, **165**: 147–153

KOZŁOWSKA A., 2008. Diagenetyka a rozwój przestrzeni porowej w piaskowcach pensylwanu Pomorza Zachodniego. *Biuletyn Państwowego Instytutu Geologicznego*, **430**: 1–28.

LIPIEC M., POŁOŃSKA M., SUCH P., 1998 – Wpływ diagenetyki na właściwości zbiornikowe utworów karbonu pomorskiego. *Prace Państwowego Instytutu Geologicznego*, **165**: 155–166.

MATYJA H., 2006 – Stratygrafia i rozwój facjalny osadów dewonu i karbonu w basenie pomorskim i w zachodniej części basenu bałtyckiego a paleogeografia północnej części TESH w późnym paleozoiku. *Prace Państwowego Instytutu Geologicznego*, **186**: 79–122.

ŻELICHOWSKI A.M., 1987 – Karbon. Paleozoik podpermski. [W:] A. Raczyński (red.) Budowa geologiczna wału pomorskiego i jego podłoża. *Prace Instytutu Geologicznego*, **119**: 26–51.

WYCIEKI WĘGLOWODORÓW W KARPATACH – EFEKTY PILOTAŻOWEJ INWENTARYZACJI

Adam Kozłowski^{1,*}, Mateusz Moroz¹, Dawid Długosz¹,
Aleksander Gąsienica¹, Patryk Bładusiak¹, Justyna Ryłko-Frocisz¹

¹ Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy, Oddział Karpacki

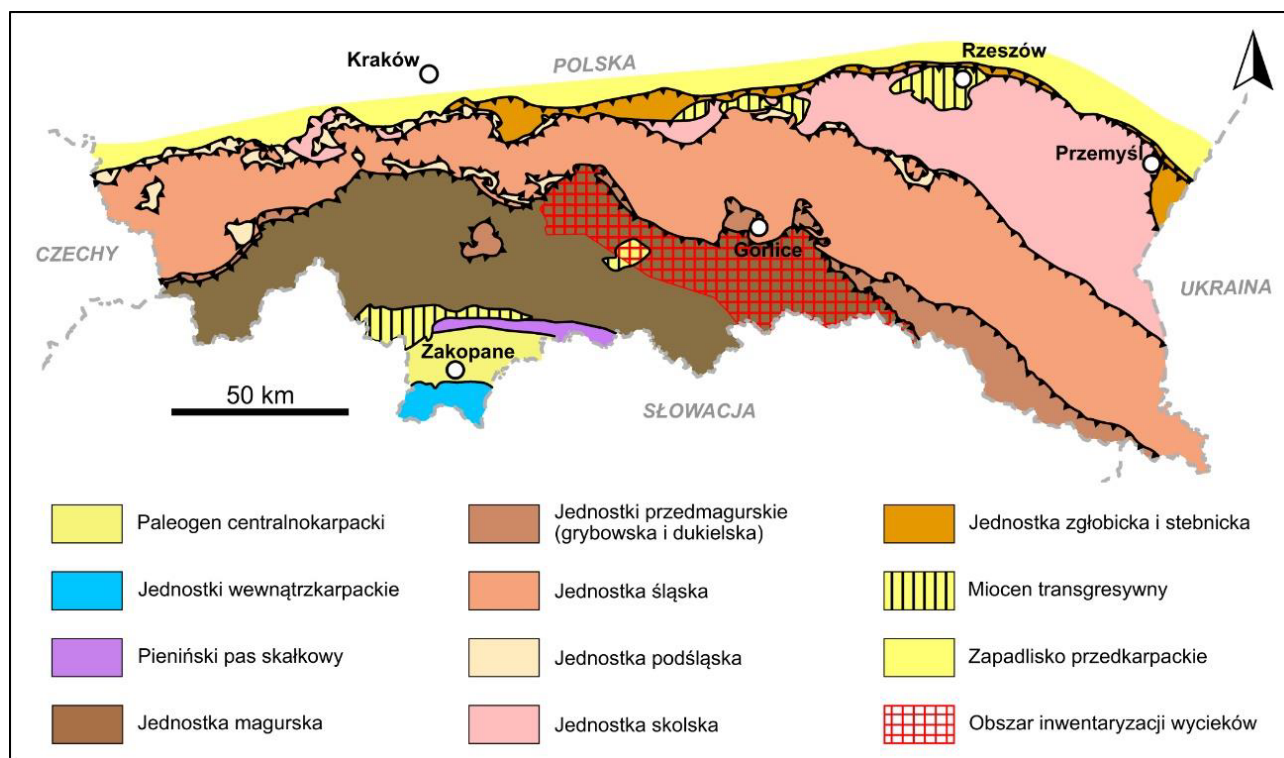
*E-mail: adam.kozlowski@pgi.gov.pl

Zadanie miało na celu utworzenie bazy wiedzy dotyczącej wycieków węglowodorów i skali zjawiska, a także w znacznym stopu uzupełnienie danych oraz udokumentowanie nowych stanowisk. Przeprowadzenie tego rodzaju prac w pełni wpisuje się w działalność i zadania państwowej służby geologicznej, gdyż ma ona na celu wytwarzanie i gromadzenie danych i informacji geologicznej. Ponadto prowadzenie projektu pozwoliło na ujednoczenie informacji i zebranie ich w sposób usystematyzowany uwzględniający szablony opisowe na kartach stanowisk oraz mapy lokalizacyjne, a także cyfrowe wersje danych przedstawione docelowo na portalu mapowym Centralnej Bazy Danych Geologicznych. Dzięki temu dane geologiczne udostępniane przez Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy zostały wzmocnione i uzupełnione o pełną informację o wyciekach węglowodorów.

Przeprowadzone w ramach realizacji zadania prace mają również uzasadnienie z punktu widzenia ochrony środowiska i innych walorów przyrodniczych. W ostatnich latach zainteresowanie wzbudza kwestia rekultywacji obszarów skażonych wyciekami węglowodorów. Dokumentowanie wycieków może przyczynić się do zwiększenia dynamiki w tym zakresie poprzez stworzenie zasobu wiedzy na temat poszczególnych wycieków, a także skali zjawiska w kontekście regionalnym.

Inwentaryzacja wycieków węglowodorów jest także cenna dla działalności geoturystycznej, która w tej tematyce i zakresie nadal ma duży potencjał. Ponadto informacja o wyciekach znajdujących się na powierzchni terenu może okazać się istotna ze względów inwestycyjnych w zakresie budownictwa i innej infrastruktury.

Prace przeprowadzone zarówno w pierwszym etapie realizowanym w 2024 r., jak i w planowanych kolejnych,



Ryc. 1. Obszar inwentaryzacji wycieków węglowodorów w 2024 r. na tle jednostek tektonicznych Karpat

mają istotny potencjał naukowy. W związku z tym integralną częścią zadania jest pobieranie próbek z wycieków węglowodorów. W dalszych etapach planowane jest przeznaczenie wybranych próbek do badań geochemicznych, mających na celu przeprowadzenie analizy chemizmu rop karpackich, w tym analizy porównawczej.

Na potrzeby realizacji zadania przeprowadzono analizę danych archiwalnych, literaturowych i kartograficznych. Materiały te wraz z analizą Numerycznego Modelu Terenu i konsultacjami z nadleśnictwami posłużyły do wytypowania potencjalnych miejsc wycieków węglowodorów. W czasie realizacji etapu prac terenowych przeprowadzono weryfikację wytypowanych 918 stanowisk. Aktywne wycieki węglowodorów potwierdzono w 164 stanowiskach, z których pobrano 106 próbek ropy naftowej.

Większość zinwentaryzowanych stanowisk to obiekty sztuczne, będące pozostałością po działalności eksploatacyjnej. Zasięg negatywnego wpływu wycieku ropy naftowej na środowisko zwykle jest widoczny w promieniu kilku metrów od miejsca wypływu, a rzetelna ocena wpływu wycieku ropy naftowej wymaga wdrożenia specjalistycznych badań środowiskowo-biologicznych.

Rozlokowanie naturalnych wycieków węglowodorów w badanym obszarze ma związek z litologią i tektoniką, co

potwierdzała analiza terenowa, map geologicznych i Numerycznego Modelu Terenu LiDAR.

W czasie prowadzonych prac zaobserwowano zmienną intensywność wypływu oraz okresowy brak aktywności niektórych wycieków węglowodorów. Najprawdopodobniej ma to związek z wahaniami zwierciadła wód podziemnych. Zmiany te mogą występować zarówno w okresach krótkich, jak i sezonowych.

Warto nadmienić, że wycieki sztuczne, zwłaszcza zachowane kopanki, ale też i część otworów, są unikatowym na skalę światową elementem dziedzictwa kulturowo-przemysłowo-społecznego. Obszar Karpat był jednym z pierwszych zagłębi naftowych na świecie, zatem uzasadnione wydaje się objęcie ochroną stosunkowo nielicznych obiektów będących świadectwem tej działalności.

W związku z powyższym, w celu aktualizacji danych i poznania pełnej skali zjawiska wycieków węglowodorów w całym Karpatach zewnętrznych należy rozważyć kontynuację zadania w najbliższym czasie. Istotne jest także rozszerzenie prac o aspekty badawcze, dzięki którym będzie możliwa analiza porównawcza węglowodorów karpackich na większej próbie statystycznej. W ślad za tym, możliwe będzie lepsze rozpoznanie elementów systemu naftowego Karpat, który mimo wielu lat badań nadal wzbudza dyskusje.

ZAGOSPODAROWANIE ZŁÓŻ ROPY NAFTOWEJ I GAZU ZIEMNEGO B3 I B8 NA MORZU BAŁTYCKIM

Alicja Lew¹, Tomasz Noworyta^{1, *}

¹ ORLEN Petrobaltic S.A., Biuro Inżynierii Złożowej i Eksploatacji

*E-mail: tomasz.noworyta@orlen.pl

Począwszy od lat 70. XX w. na polskim szelfie bałtyckim prowadzono prace geologiczno–geofizyczne w celu określenia potencjału złóż ropy naftowej i gazu ziemnego. W 1990 r., po przekształceniu, ze Wspólnej Organizacji Poszukiwań Naftowych powstała spółka funkcjonująca do dzisiaj, obecnie pod nazwą ORLEN Petrobaltic, która zajmuje się poszukiwaniem i eksploatacją złóż ropy naftowej i współwystępującego gazu ziemnego w wybranych obszarach polskiej strefy ekonomicznej Morza Bałtyckiego.

Firma posiada pięć platform: cztery typu jack-up – dwie wiertnicze i dwie eksploatacyjne – oraz jedną bezałogową:

- Platforma „Giant” jest platformą wiertniczą przeznaczoną do wiercenia nowych otworów lub do wykonywania prac rekonstrukcyjnych w już istniejących.
- Centrum wydobywcze na złożu B3 stanowi platforma eksploatacyjna „Baltic Beta”, na której znajduje się system separacji ropy oraz system zatłaczania wody. Platforma „PG-1” jest zaprojektowana do bezobsługowego i automatycznego prowadzenia eksploatacji z trzech odwiertów wydobywczych i dwóch odwiertów zatłaczających wodę w południowej części złoża B3.
- Eksploatacja ze złoża B8 jest prowadzona za pomocą platformy „Petrobaltic”, wyposażonej w systemy separacji ropy oraz zatłaczania wody. Sąsiadująca z nią platforma wiertnicza „Petro Monitor”, na której są zainstalowane powierzchniowo odwierty eksploatacyjne, jest przeznaczona do wiercenia nowych otworów lub

prowadzenia prac rekonstrukcyjnych w istniejących odwiertach na złożu B8.

Złoże ropy naftowej B3 jest położone na Morzu Bałtyckim w obszarze polskiej wyłącznej strefy ekonomicznej. Znajduje się ok. 72 km na północ od latarni morskiej Rozewie, głębokość morza w tym rejonie wynosi ok. 80 m. Poziom zbiornikowy znajduje się ok. 1400 m p.p.m. i jest zbudowany z piaskowców kwarcowych kambru środkowego, poziomu Paradoxides Paradoxissimus.

Eksploatacja na złożu B3 jest prowadzona od 1992 r., obecnie 11 odwiertami wydobywczymi. Od 1998 r. jest prowadzone zatłaczanie wód morskich, a od 2012 r. również złożowych do złoża w celu podtrzymania energii złożowej. Obecnie zatłaczanie prowadzone jest pięcioma odwiertami.

Złoże ropy naftowej B8 jest położone na Morzu Bałtyckim w obszarze polskiej wyłącznej strefy ekonomicznej. Znajduje się ok. 66 km od latarni morskiej Rozewie, głębokość morza w tym rejonie wynosi ok. 84 m. Poziom zbiornikowy znajduje się ok. 2200 m p.p.m. i jest zbudowany z piaskowców kwarcowych kambru środkowego, poziomu Paradoxides Paradoxissimus.

Eksploatacja na złożu B8 jest prowadzona od 2006 r., obecnie 7 odwiertami wydobywczymi. Od 2016 r. włączono zatłaczanie wód morskich do złoża, a od 2024 r. również wód złożowych w celu podtrzymania energii złożowej. Obecnie zatłaczanie jest prowadzone pięcioma odwiertami.

OSADY ŚRODOWISKA LĄDOWEGO W RZEŹBIE I BUDOWIE DNA POŁUDNIOWEGO BAŁTYKU

Elżbieta Maszloch^{1,*}, Marek Bogucki¹, Janusz Dworniczak¹, Patrycja Kapuścińska¹,
Jędrzej Patejko¹, Arkadiusz Wepner¹, Radosław Wróblewski^{1,2}

¹MEWO S.A.

²Uniwersytet Morski w Gdyni, Instytut Morski

*E-mail: e.maszloch@gmail.com

W ciągu ostatnich kilku tysięcy lat, w wyniku transgresji południowego Bałtyku, znaczne obszary lądu znalazły się pod wodą. Od czasów deglacjacji ostatniego lądolodu skandynawskiego, aż do momentu, w którym obszary te znalazły się w zasięgu wód Morza Bałtyckiego, obszary te były kształtowane przez procesy lądowe, rozwijała się na nich sieć rzeczna, powstawały jeziora i torfowiska. Ślady środowisk lądowych, między innymi w postaci nagromadzeń torfów i osadów jeziornych, obecne w budowie oraz rzeźbie dna południowego Bałtyku, są świadectwem lądowej przeszłości tego obszaru, a także źródłem danych o tempie zmian poziomu wód południo-

wego Bałtyku oraz charakterze i prędkości zmian położenia linii brzegowej.

Przedstawiono przykłady osadów środowisk lądowych rozpoznanych na dnie południowego Bałtyku w ramach prac prowadzonych przez firmę MEWO S.A. Podkreślono potrzebę prowadzenia dalszych badań, które umożliwią pełniejsze poznanie przeszłości geologicznej tego obszaru, a tym samym lepsze zrozumienie procesów kształtujących strefę brzegową i dno morza w warunkach transgresji, w odniesieniu do zagadnień związanych z dynamiką brzegów i ochroną wybrzeży, jak również w odniesieniu do planowanych inwestycji przechodzących przez tę strefę.

POMIARY STĘŻENIA RADONU W PRÓBKACH SKAŁ KARPACKICH PRZY ZASTOSOWANIU KOMORY EMISYJNEJ

Mateusz Moroz^{1, *}, Jakub Bazarnik¹, Piotr Lenik¹

¹Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy, Oddział Karpacki

*E-mail: mateusz.moroz@pgi.gov.pl

Radon jest radioaktywnym gazem szlachetnym, będącym jednym z głównych czynników składających się na dawkę naturalnego promieniowania jonizującego otrzymywanego przez ludzi. Jego najbardziej powszechnym w przyrodzie izotopem jest ²²²Rn, ulegający stosunkowo szybkiemu rozpadowi promieniotwórczemu alfa, co prowadzi z kolei do powstania kilku pochodnych o krótkim czasie rozpadu (elementy szeregu promieniotwórczego uranowo-radowego). Powstające w trakcie tych procesów promieniowanie jest czynnikiem mogącym negatywnie wpływać na ludzkie zdrowie, zwłaszcza biorąc pod uwagę fakt, że radon może gromadzić się w budynkach mieszkalnych, przenikając tam z gruntu.

Ze względu na fakt, że najbardziej powszechny izotop radonu jest produktem rozpadu radionuklidów szeregu promieniotwórczego, zaczynającego się od izotopu ²³⁸U, wielkość jego emisji jest ściśle uzależniona od zawartości uranu w skale. Ważne znaczenie ma także możliwość opuszczenia przez radon sieci krystalicznej minerału, w którym zaszedł

rozpad promieniotwórczy (emanacja) oraz możliwość jego transportu i akumulacji. Sprawia to, że różne rodzaje skał charakteryzują się odrębnym stopniem uwalniania radonu do środowiska. W niniejszej pracy przedstawiono wyniki badań stężenia radonu, pochodzącego z kilku próbek skał rejonu polskich Karpat, między innymi łupków menilitowych i łupków warstw krośnieńskich. Pomiar przeprowadzono przy użyciu komory emisyjnej, w której szczelnie zamknięto wybrane skały, umożliwiając gromadzenie się wydobywającego się z nich radonu. Nagromadzony gaz był analizowany przy użyciu spektrometru RAD8, firmy Durridge, przez kilkudziesiąt dni, co pozwoliło prześledzić zmiany stężenia radonu w czasie. Otrzymane wyniki wskazują na dużą różnorodność skał karpackich pod kątem wielkości emisji radonu, gdyż pomierzone stężenia wahają się od ok. 1000 do ponad 10 000 Bq/m³.

Zakup spektrometru RAD8 został sfinansowany ze środków na doposażenie państwowej służby geologicznej, temat nr 11.9000.2402.00.0.

GEOZAGROŻENIA WYSTĘPUJĄCE PODCZAS WYKONYWANIA BADAŃ GEOLOGICZNO-INŻYNIERSKICH W REJONIE POŁUDNIOWEGO BAŁTYKU

Jakub Nocoń^{1, *}

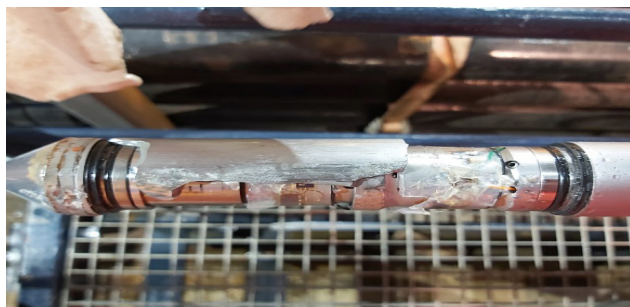
¹ORLEN Petrobaltic S.A, Biuro Geologii, Koncesji i CCS

*E-mail: jakub.nocon@orlen.pl

Zróznicowana budowa geologiczna południowego Bałtyku nastęrcza wielu trudności podczas realizacji badań geologiczno-inżynierskich. Występujące po sobie serie geologiczno-inżynierskie biegunowo różniące się od siebie parametrami fizyczno-mechanicznymi powodują występowania ryzyk, które mogą prowadzić do awarii i komplikacji wiertniczych.

Erupcje płytkich gazów. Zalegające osady subakwalne zbudowane z iłów stanowią warstwę izolacyjną dla niżej zalegających, bogatych w materię organiczną osadów zastoiskowych. Taka sekwencja zalegania warstw sprzyja kumulowaniu się w stropie warstw zastoiskowych metanu. Przewiercenie izolującej warstwy iłów powoduje gwałtowną, ale krótką erupcję skumulowanego metanu.

Występowanie gruntów o ekstremalnie wysokich parametrach wytrzymałościowych. Typowymi gruntami dla południowego Bałtyku są gliny zwałowe. Osady te powstały w kilku etapach. Najstarsze z nich, związane ze starszymi zlodowaczeniami, charakteryzują się bardzo wysokimi parametrami prekonsolidacji i co za tym idzie wysokimi parametrami wytrzymałości na ścianie. Pomimo faktu, że są to grunty, parametrami wytrzymałościowymi przewyższają miękkie skały. Badanie takich serii często wiąże się z uszkodzeniami sprzętu wiertniczego (ryc. 1) i uzyskiwaniem nieinterpretowalnych wyników.



Ryc. 1. Uszkodzony stożek pomiarowy CPTU

Występowanie głazów i bruków morenowych. Naturalnym składnikiem glin zwałowych są otoczaki skał skandynawskich. Mają one rozmiary od kilku milimetrów do kilkudziesięciu centymetrów. Ich występowanie w dużym stopniu utrudnia lub wręcz uniemożliwia prowadzenie prac badawczych. Natrafienie na tego typu obiekty wiąże się najczęściej ze zniszczeniem próbnika podczas poboru rdzenia (ryc. 2) lub zniszczeniu stożka pomiarowego podczas wykonywania sondowań CPTU lub w skrajnym przypadku koniecznością zmiany lokalizacji otworu.



Ryc. 2. Koronka wiertnicza zatkana otoczakiem

Dopływy wody do otworu. Serie osadów zastoiskowych charakteryzują się często występowaniem soczewek piasków nasyconych wodą. Wody te mają charakter sedymentacyjny i często występują pod sporym ciśnieniem. Nawiercenie takiej struktury powoduje gwałtowny dopływ wody do otworu, co często uniemożliwia pobór próbek i w dużym stopniu utrudnia prowadzenie prac wiertniczych.

MODERNIZACJA BAZY DANYCH GRAWIMETRYCZNYCH – NOWY OBRAZ ANOMALII BOUGUERA NA STYKU LĄDU I MORZA

Tomasz Olszak^{1,*}, Olga Rosowiecka¹, Monika Wilde-Piórko¹

Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy, 00-975 Warszawa, ul. Rakowiecka 4

**E-mail: tomasz.olszak@pgi.gov.pl*

Pomiary grawimetryczne na lądzie i morzu prowadzone według nowoczesnych standardów są bardzo kosztowne i czasochłonne. Opracowane na ich podstawie mapy anomalii pola siły ciężkości mają szerokie zastosowanie, nie tylko przy rozpoznaniu geologicznym i geofizycznym głębokiej struktury skorupy ziemskiej, ale również znajdują zastosowanie w pracach inżynierskich, np. przy budowie farm wiatrowych czy konstrukcji wysokościowych układów odniesienia na potrzeby pomiarów geodezyjnych wykorzystujących techniki nawigacji satelitarnej. Z praktycznego punktu widzenia niezwykle istotne jest, aby dane grawimetryczne były opracowane w obowiązującym międzynarodowym układzie odniesienia grawimetrycznego (ITGRS/F) oraz były ze sobą spójne, w szczególności wzdłuż granicy morsko-lądowej.

Polska dysponuje bardzo dużą bazą archiwalnych pomiarów grawimetrycznych lądowych oraz całkiem sporą ilością pomiarów morskich, które gromadzone są od lat 50. XX w. Od tamtego czasu zmieniały się metodyka pomiarów, sposoby ich dokumentowania, czy algorytmy przetwarzania, dlatego dotychczasowy zbiór cechował się bliżej nieokreśloną ilością błędów i wymagał weryfikacji, konsolidacji oraz przeliczenia ich do współcześnie obowiązujących układów odniesienia.

Począwszy od 2021 r., w Państwowym Instytucie Geologicznym – Państwowym Instytucie Badawczym realizowany jest w ramach państwowej służby geologicznej projekt dotyczący weryfikacji, konsolidacji lądowych zbiorów i baz danych grawimetrycznych w zasobie CBDG. W ramach tego projektu, na potrzeby integracji lądowych danych grawimetrycznych z danymi pozostałych krajów, w tym z danymi morskimi, opracowano nowy układ grawimetryczny osnowy szczegółowej całego kraju zgodny z międzynarodowym układem odniesienia grawimetrycznego ITGRS/F, który obowiązuje w pracach geodezyjnych od połowy drugiej dekady XXI w. Opracowanie to zakładało dołączenie wszystkich istniejących punktów osnow I i II klasy archiwalnej osnowy PIG do współczesnej osnowy grawimetrycznej i ponowne wyrównanie archiwalnej osnowy podstawowej i szczegółowej w nowym układzie. Uzyskano w ten sposób spójny dokładnościowo zestaw ponad 6000 punktów bazowych, umożliwiając ponowne przeliczenie

materiałów archiwalnych i opracowywanie współczesnych pomiarów w jednolitym, współczesnym układzie odniesienia. Różnica pomiędzy „starym” a „nowym” układem odniesienia wynosi średnio ok. 14 mGal, co ma niebagatelne znaczenie dla zagadnień interpretacyjnych.

Następnym krokiem było ponowne kompletne przetworzenie danych grawimetrycznych, począwszy od dzienników pomiarowych (dane polowe), poprzez ustalenie prawidłowej lokalizacji punktów na nowych mapach dokumentacyjnych (dotyczy zdjęć pól szczegółowych sprzed 1995 r., kiedy to był stosowany układ współrzędnych Boro-wa Góra). W metodyce opracowania archiwalnych i współczesnych danych wprowadzono również szereg nowych korekt, objętych standardem technicznym współczesnego układu: korektę atmosferyczną, nieliniową wartość redukcji wolnopolowej, obliczenie anomalii na fizycznej powierzchni Ziemi. Na nowo policzono również korekty topograficzne, wykorzystując do tego celu numeryczny model terenu w ujęciu sferycznym.

Obecnie zrealizowano I etap projektu, który objął zasięgiem granice prowincji naftowej zachodniej Polski. W lipcu 2025 r. ruszyła realizacja II etapu, obejmującego Sudety i blok przedsudecki.

Równolegle, w latach 2022–2024 realizowano międzynarodowy projekt BalMarGrav, współfinansowany przez program Interreg Baltic Sea Region 2021–2027, którego celem było ujednoczenie historycznych morskich danych grawimetrycznych dla obszaru południowego i wschodniego Morza Bałtyckiego. Projekt był realizowany przez 11 instytucji partnerskich oraz 6 organizacji stowarzyszonych. Liderem projektu był Instytut Geodezji i Kartografii, a jednym z partnerów Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy. Wynikiem projektu są anomalie pola siły ciężkości, anomalie wolnopolowe i anomalie Bouguera, opracowane w siatce o rozdzielczości 1,2' x 0,6', obejmujące obszar od 13,7°E do 24,7°E oraz od 53,6°N do 58,6°N (ryc. 1). Dane te są dostępne między innymi w Centralnej Bazie Danych Geologicznych (CBDG) prowadzonej przez Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy.

Dzięki pracom przeprowadzonym w ramach powyższych projektów, powstały spójne zbiory danych grawi-

metrycznych lądowych i morskich, które umożliwiają rozszerzenie analiz dotyczących geologii morza o strefę przybrzeżną oraz wspólną interpretację obserwowanych anomalii grawimetrycznych.

Zrealizowano w ramach zadania państwowej służby geologicznej „Weryfikacja, konsolidacja zbiorów i baz danych grawimetrycznych w zasobie CBDG wraz z modernizacją struktury w aspekcie współczesnych wymagań technicznych oraz wzrostu funkcjonalności – część pierwsza: Prowincja naftowa zachodniej Polski” finansowanego przez NFOŚiGW (nr umowy 489/2021/Wn-07/FG-GO-

-DN/D) oraz projektu „Homogenized marine gravity maps of southern and eastern Baltic Sea for modern 3D applications in marine geodesy, geology and navigation – BalMarGrav” w ramach programu Interreg Baltic Sea Region 2021–2027, współfinansowanego przez EU.

Autorzy wystąpienia bardzo dziękują wszystkim współwykonawcom projektu BalMarGrav za ich wkład w ujednoczenie historycznych morskich danych grawimetrycznych. Lista członków BalMarGrav Working Group jest dostępny na stronie <https://interreg-baltic.eu/wp-content/uploads/2024/09/BalMarGrav-gravity-map.pdf>.

SZCZĄTKI ROŚLIN I WSPÓŁWYSTĘPUJĄCYCH BEZKRĘGOWCÓW Z GÓRNOTRIASOWEGO STANOWISKA PORĘBA NA GÓRNYM ŚLĄSKU

Grzegorz Pacyna^{1, *}

¹ Uniwersytet Jagielloński, Wydział Biologii, Instytut Botaniki, Zakład Taksonomii, Fitogeografii i Paleobotaniki

*E-mail: grzegorz.pacyna@uj.edu.pl

Poręba jest stosunkowo niedawno odkrytym górnośląskim późnotriasowym stanowiskiem, w którym znaleziono liczne dobrze zachowane makro- i mikroszczałki roślin, skamieniałości bezkręgowców oraz kości kręgowców. W odsłonięciu jest widoczna sekwencja naprzemiennie występujących szarych piaskowców, zlepieńców i brekcji z kośćmi kręgowców (tzw. „brekcja lisowska”) oraz szaroniebieskawych iłowców i mułowców. Osady te należą do górnej części ogniwa z Patoki formacji grabowskiej i powstały w roztokowej rzece o reżimie monsunowym. W porze deszczowej podczas epizodów powodziowych osadzały się piaskowce, zlepieńce i brekcje, w porze suchej przy mniejszym przepływie i niższym stanie wody osadzały się iłowce i mułowce. Kości kręgowców zachowały się głównie w zlepieńcach i mułowcach, a szczątki roślin w mułowcach i iłowcach. Stopień rozdrobnienia szczątków (pojedyncze kości, małe i krótkie gałązki, oderwane liście) wskazuje na dość długi transport.

Iłowce i mułowce ze szczątkami roślin moczono w wodzie z detergentem przez kilka dni, a następnie przemywano na sitach. Identyfikowalne szczątki roślinne wybierano z rezydium ręcznie małym pędzelkiem pod lupą. Podczas tego procesu zidentyfikowano również kutikule stawonogów. Materiał był oczyszczany z pozostałych resztek osadu w HF przez kilka dni, a następnie analizowany pod mikroskopem świetlnym, fluorescencyjnym, stereoskopowym i skaningowym.

Zespół sporomorf jest typowy dla lokalnej zony *Classopollis meyeriana* podzony b i wskazuje na środkowo-późnonorycki wiek. Obecne są w nim zarówno rośliny zarodnikowe (widłaki, skrzypy, paprocie), jak i nagozalążkowe z dominującymi liczebnie iglastymi. Megaspory potwierdzają obecność widlaków różnorodnikowych, w tym widliczek. Jednakże makroszczałki należą wyłącznie do iglastych. Występują trzy typy żeńskich kompleksów łuska nasienna – łuska wspierająca oraz trzy typy szyszek męskich. Zatem obecne były przynajmniej trzy gatunki roślin iglastych – dwa reprezentujące starsze ewolucyjnie iglaste z rzędu Voltziales, trzeci należący do charakterystycznej dla mezozoiku rodziny Cheirolepidiaceae. Przedstawiciel Cheirolepidiaceae jest jednym z najstarszych dobrze za-

chowanych gatunków tej rodziny na świecie. Większość licznie występujących gałązek płonnych i oderwanych liści ma bardzo podobną budowę makro- i mikromorfologiczną typu *Brachyphyllum-Pagiophyllum*. Rzadsze są liście silnie wydłużone, trójkątne, makromorfologicznie odmienne od *Brachyphyllum-Pagiophyllum*, ale o podobnej budowie kutikuli. Niestety żadna gałązka nie została znaleziona w organicznej łączności z szyszką. Utrudnia to bardzo powiązanie gałązek z organami rozmnażania, a tym samym rekonstrukcję całych roślin. Bardzo liczne są fragmenty zwęglonego drewna, stopień jego rozdrobnienia (kawałki od kilkumilimetrowych po kilkucentymetrowe) wskazuje na dłuższy transport. Należą one do gatunku *Agathoxylon keuperianum* – drewna iglastych, częstego w późnym triasie basenu środkowoeuropejskiego. Zatem pożary musiały być częste, czy nawet występować regularnie w porze suchej, a węgiel drzewny był zmywany ze źródłowych lasów do rzek podczas pory deszczowej.

Stawonogi zachowały się w postaci izolowanych fragmentów oskórków. Najczęstsze są fragmenty kutykul o średnicy ok. 1–5 mm i o oberwanych brzegach, rzadsze są kutikule pochodzące z łatwo rozpoznawalnych części ciała, głównie segmenty odnóży. Na większości okazów są widoczne charakterystyczne niewielkie otwory, czasem regularnie rozmieszczone, w których za życia tych organizmów były osadzone włoski (sety). Kilka fragmentów ma bardzo charakterystyczne guzkowanie tworzące miejscami podłużne żeberkowate wyniosłości (carinae). Okazy te najbardziej przypominają kutikule skorpionów, szczególnie te opisane z triasu środkowego Anglii. Izolowane segmenty odnóży różnią się rozmiarami i kształtem i mogą reprezentować różne odcinki odnóży (np. biodra, krętarze, uda, golenie, stopy). Znaleziono jedną, niekompletną pokrywę chrząszcza.

Dane o florze i stawonogach uzupełniają wiedzę o składzie taksonomicznym, strukturze troficznej i paleoekologii ekosystemu stanowiska Poręba, czyniąc go jednym z najlepiej poznanych wśród stanowisk z późnego triasu Górnego Śląska.

Badania finansowane przez Narodowe Centrum Nauki, grant nr 2021/43/B/ST10/00941.

INFORMACJA GEOLOGICZNA Z OBSZARÓW MORSKICH RP NA KRAJOWYCH I EUROPEJSKICH PLATFORMACH WYMIANY DANYCH

Urszula Pączek^{1, *}

¹ Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy, Oddział Geologii Morza

*E-mail: urszula.paczek@pgi.gov.pl

Rosnąca aktywność i presja na środowisko morskie sprawiły, że łatwo dostępna i wiarygodna informacja morska stała się kluczowa dla planowania, projektowania i realizacji inwestycji prowadzonych na morzu. Jej niezbędną częścią jest informacja geologiczna dotycząca dna morskiego i strefy brzegowej.

W Oddziale Geologii Morza Państwowego Instytutu Geologicznego – Państwowego Instytutu Badawczego są prowadzone trzy dziedzinowe bazy danych skupiające informację geologiczną z obszarów morskich RP. NEPTUN stanowi bazę morskich danych geologicznych, która zawiera metadane dotyczące robót i prac geologicznych, punktów dokumentacyjnych, pobranych próbek oraz wyniki analiz. Baza GeoEcho zawiera informacje o profilowaniach geofizycznych na morzu (sejsmika, sonar, batymetria). GeoMorze skupia morskie dane geologiczne opracowane do postaci GIS.

„Morskie” bazy dziedzinowe dostarczają informację do Centralnej Bazy Danych Geologicznych (CBDG), która stanowi największy w Polsce zbiór cyfrowych danych geologicznych. Po zwalidowaniu dostarczanej informacji pod kątem zgodności ze standardami CBDG informacja geologiczna z polskich obszarów morskich jest udostępniana poprzez aplikacje CBDG – portal GEOLOGIA i aplikację GeoLOG, a także w postaci usług mapowych i plików SHP.

Informacja geologiczna z obszarów morskich RP jest także dostępna poprzez krajowy portal danych oceanograficznych eCUDO.pl. Jest to system informatyczny zapewniający zunifikowany dostęp do krajowych zasobów nauki z zakresu oceanologii. Składa się na niego system centralny z modułem wyszukiwania i pozyskiwania metadanych z instytucji zewnętrznych, a także sfederowane systemy partnerów projektu. Poza informacją geologiczną w portalu eCUDO.pl znajdują się także dane opisujące fizykę morza, np. falowanie, poziom morza, optykę, jak również czynniki atmosferyczne, np. zachmurzenie, promieniowanie słoneczne oraz zespolone matematyczne modele atmosferyczno-oceaniczne. Dostępne są także dane na temat stanu środowiska, zmian brzegu, chemii czy dane biologiczne, np. dot. fauny, flory czy produkcji pierwotnej.

W 2008 r. Państwowy Instytut Geologiczny – PIB dołączył do konsorcjum The European Marine Observation

and Data Network, czyli EMODnet. Jest to projekt finansowany przez Komisję Europejską za pośrednictwem Agencji Wykonawczej ds. Klimatu, Infrastruktury i Środowiska (CINEA). EMODnet, poprzez internetową przeglądarkę EMODnet Map Viewer, zapewnia łatwy i bezpłatny dostęp do bogactwa danych morskich, metadanych i produktów danych. Obejmuje siedem dyscyplin – batymetrię, geologię, fizykę, chemię, biologię, siedliska dna morskiego i działalność człowieka, dzięki czemu obejmuje całe środowisko morskie, od wybrzeża po otwarty ocean, od powierzchni po głębokie dno morskie. Dodatkowym komponentem jest Data Ingestion, którego zadaniem jest gromadzenie informacji oceanograficznej spoza konsorcjum.

Obecnie konsorcjum stanowi ponad 120 organizacji, które dostarczają dane do projektu. EMODnet agreguje dane w paneuropejskie warstwy danych, które można znaleźć, udostępnić, interoperacyjnie wykorzystać i ponownie wykorzystać (zasady FAIR – Findable, Accessible, Interoperable, Reusable), a dane i towarzyszące im metadane są zharmonizowane zgodnie z normami UE, np. INSPIRE i międzynarodowymi, np. ISO.

PIG-PIB jest jednym z konsorcjantów projektu w części dotyczącej geologii (EMODnet – Geology), której celem jest zapewnienie zharmonizowanych informacji na temat geologii morskiej dla całego morza europejskiego.

EMODnet Geology harmonizuje morskie dane geologiczne i istniejące produkty danych o różnej rozdzielczości takie jak: budowa geologiczna dna morskiego, zdarzenia i procesy geologiczne na dnie morskim i w strefie brzegowej, zasoby mineralne, a także dane archeologii podmorskiej. W ten sposób są tworzone nowe usługi, dzięki którym użytkownicy mogą wyszukiwać informację geologiczną przy użyciu interaktywnych map i narzędzi. Dane są dostarczane zgodnie z międzynarodowymi standardami, a produkty danych geologicznych są kompilowane w skalach 1:1 000 000, 1:250 000 i 1:100 000 lub dokładniejszych, jeśli pozwalają na to dane bazowe. Zasięg geograficzny obejmuje wszystkie morza regionalne w Europie, Morze Kaspijskie i najnowszy dodatek – Morze Karaibskie.

Obecnie są dostępne następujące produkty:

- budowa geologiczna powierzchniowej warstwy dna morskiego i tempo sedymentacji;

- budowa geologiczna dna morskiego: warstwa przedczwartorzędowa (w tym litologia i stratygrafia), warstwa czwartorzędowa i geomorfologia;
- stan wybrzeża: stan wybrzeża na podstawie danych satelitarnych i terenowych, typy wybrzeża;
- zdarzenia i prawdopodobieństwa geologiczne: trzęsienia ziemi, osuwiska podmorskie i podatność na osuwiska, wulkany i tektonika czwartorzędu;
- złoża: kruszywo, węglowodory, hydraty gazu, konkrecje polimetaliczne;
- podwodne (zatonione) krajobrazy;
- mapy indeksowe czyli np. mapy lokalizacji punktów poboru próbek, wierceń, profilowań sejsmicznych i wielowiązkowych.

EMODnet – Geology składa się z 40 partnerów lub podwykonawców z 30 krajów. Większość z nich to organizacje zajmujące się badaniami geologicznymi ze wszystkich krajów nadmorskich Unii Europejskiej. Ponad połowa partnerów projektu, w tym także PIG-PIB, jest również członkami Geological Surveys of Europe (EuroGeoSurveys), która istnieje w celu promowania pracy służb geologicznych, oraz projektu Geological Service for Europe (GSEU).

JAK ODKRYTO ZŁOŻA POLIHALITÓW W REJONIE ZATOKI PUCKIEJ

Tadeusz Peryt^{1, *}

¹ Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy

*E-mail: tadeusz.peryt@pgi.gov.pl

Jednym z wielkich odkryć Państwowego Instytutu Geologicznego było stwierdzenie występowania złóż polihality w rejonie Zatoki Puckiej. Podobnie jak w przypadku innych wielkich odkryć, było to związane z pionierskim okresem badań nad budową geologiczną starszego podłoża na Niżu Polskim, w dziesięcioleciu 1951–1960. Konceptję istnienia zatoki wysuniętej na północ od centralnego pola facji chlorkowej z solami K-Mg, cechującej się obecnością facji chlorkowej z solą magnezowo-potasową, przeważnie zniszczoną procesami krasowymi jako pierwszy przedstawił Józef Poborski (zob. omówienie w: Poborski, 1969, 1976). Wyniki szczegółowych badań petrograficznych utworów najstarszej soli kamiennej (Na1), przeprowadzonych przez J. Orską (1961 w: Werner, 1970) w dwóch otworach wiertniczych wykonanych przez PIG w ramach I etapu badań podstawowych Niżu Polskiego: Bytów IG 1 (1951) i Lębork IG 1 (1961), wykazały występowanie polihality w najwyższej części utworów najstarszej soli kamiennej (Na1). W celu wyjaśnienia perspektywiczności rejonu Zatoki Puckiej w 1963 r. wykonano otwór wiertniczy Wejherowo IG 1 według projektu robót geologiczno-wiertniczych w rejonie Wejherowa, woj. Gdańsk, sporządzonego na dzień 9.10.1962 r. (autorzy projektu: H. Szaniawski, Z. Werner). Po jego odwierceniu oraz wykonaniu nowszego, uzupełniającego zdjęcia sejsmicznego w regionie nadbałtyckim, Zakład Złóż Soli i Surowców Chemicznych Instytutu Geologicznego w dniu 6.11.1964 r. przesłał do Centralnego Urzędu Geologii nowy generalny projekt poszukiwań soli potasowo-magnezowych i soli kamiennej w rejonie syneklizy perybałtyckiej z podziałem na Zatokę Gdańską i wyniesienie Łeby; autorami projektu byli: H. Szaniawski i Z. Werner. Pierwszym otworem wykonanym według tego projektu był otwór Chłapowo IG 1, w którym stwierdzono pokład polihality o miąższości 6,5 m i średniej

zawartości 15,06% K₂O, występujący pośród pokładu soli kamiennej na głębokości 787,8 m. Przy pierwszym profilowaniu geologicznym metodami polowymi nie udało się rozpoznać polihality wskutek łudzącego podobieństwa makroskopowego tej skały do anhydrytu i dopiero wyniki profilowania geofizycznego w otworze wiertniczym skłoniły do szybkiej rewizji profilu litologicznego za pomocą metod laboratoryjnych. Odkrycie spowodowało przyspieszenie i nasilenie poszukiwawczych i rozpoznawczych prac wiertniczych z rejonie Zatoki Puckiej. W ich rezultacie stwierdzono występowanie czterech złóż polihality w tym rejonie (Werner, 1970; Pizon i in., 1985), których zasoby zostały zatwierdzone jako bilansowe (Chłapowo i Mieroszyno – 1967 r., Swarzewo – 1971 r. i Zdrada – 1972 r.) przy założeniu równomiernego (pokładowego) rozmieszczenia mineralizacji polihality. Późniejsze badania (Pizon i in., 1985; Peryt i in., 1998) wykazały, że proces mineralizacji polihality był w istocie bardziej złożony.

LITERATURA

- PERYT T.M., PIERRE C., GRYNIV S.P., 1998. Origin of polyhalite deposits in the Zechstein (Upper Permian) Zdrada Platform (northern Poland). *Sedimentology*, **45**: 565–578.
- PIZON A., PERYT T.M., DĘBSKI J., 1985. Środowisko powstania polihality cechsztyńskich w rejonie Zatoki Puckiej. *Przegląd Geologiczny*, **33**: 659–663.
- POBORSKI J., 1969. Rozwój idei potasonośnego „zagłębia gdańskiego” w systemie permskim. *Przegląd Geologiczny*, **17**: 230–235.
- POBORSKI J., 1976. Nowsza mapa stosunków litofacjalnych w zagłębiu cechsztyńskim w Polsce. *Przegląd Geologiczny*, **24**: 255–257.
- WERNER Z., 1970. Sole kamienne i potasowo-magnezowe. *Biuletyn Instytutu Geologicznego*, **251**: 371–378.

UWARUNKOWANIA GEOLOGICZNE SZTORMU 1497 ROKU

Andrzej Piotrowski^{1,*}, Paweł Sydor¹, Marek Kowalewski²,
Piotr Oliński³, Tomasz Wolski⁴

¹ Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy, Oddział Pomorski

² Uniwersytet Gdański

³ Uniwersytet Mikołaja Kopernika w Toruniu

⁴ Uniwersytet Szczeciński

*E-mail: andrzej.piotrowski@pgi.gov.pl

Celem jest przedstawienie prac nad rozpoznaniem geologicznym sztormu, który dokonał wielkich zniszczeń na wybrzeżu Bałtyku. Sztorm 1497 roku dokonał zmian w topografii oraz zapisał się w profilach geologicznych na środkowym wybrzeżu w Rogowie, Kołobrzegu, Darłowie i na obrzeżu Jeziora Kopań. Spiętrzona fala osiągała bardzo dużą wysokość. Siła wiatru powodowała wiatrołomy na rozległych obszarach Meklemburgii, Pomorza i Mazur. Według literatury (Majewski, 1998) największe sztormy przynoszące katastrofalne następstwa nadchodziły w porze jesienno-zimowej z kierunku północno-zachodniego. Sztorm ten należy do największych sztormów w obszarze Morza Bałtyckiego. Wielkim wyzwaniem jest

więc rozpoznanie zjawiska niewątpliwie klimatycznego na podstawie danych geologicznych i informacji kronikarskich. W rozważaniach uwzględnia się obszar od Zatoki Meklemburskiej po Mazury. Wydaje się jednak, że szczególnie dogodne uwarunkowania dla spiętrzenia wód wystąpiły w rejonie Zatoki Koszalińskiej z racji zarysu linii wybrzeża i topografii ukształtowania podbrzeża, a także rozległości morza.

LITERATURA

MAJEWSKI A., 1998. Katastrofalne sztormy i powódzie u południowych brzegów morza Bałtyckiego. *Inżynieria Morska i Geotechnika*, **2**: 67–69.

PERTURBACJE PALEOŚRODOWISKA WALANŻYNU (KREDA DOLNA) BASENU POLSKIEGO

Izabela Ploch^{1, *}, Jacek Grabowski¹, Damian Lodowski¹, Andrzej Chmielewski¹

¹ Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy

*E-mail: izabela.ploch@pgi.gov.pl

Wwalanżynie po raz pierwszy w okresie kredowym odnotowano znaczące perturbacje paleośrodowiska, które były początkiem późniejszych kredowych zmian klimatycznych. Był to, między innymi, kryzys produkcji węglanów, zapisany w północnej części Tetydy, z którą w tym czasie był połączony Basen Polski. Zapis tych wydarzeń znajduje się również w osadach Basenu Polskiego, głównie w postaci warstw wzbogaconych w fosforany, opisanych dotychczas tylko z odsłonięcia w Wąwale. Stopniowo zaznaczają się tam zmiany w zespołach organizmów. Wraz z lekkim wzbogaceniem w fosforany pojawiają się poziomy z igłami gąbek (Morales i in., 2015). Apogeum tych okresowych zmian paleośrodowiska stanowi warstwa fosforanowa, w której zespół organizmów uległ diametralnej zmianie i występują tam tylko liczne gąbki oraz ramienionogi. Zespół ten jest interpretowany jako eutroficzny, powstały w czasie wzbogacenia wód w substancje odżywcze (Ploch, 2007). Poziomy interpretowane jako zapis bogatego w substancje odżywcze paleośrodowiska są charakterystyczne również dla północnej Tetydy (Föllmi, 1996). Okresowe wzbogacenie w fosforany odnotowano także w profilach wiertniczych z centralnej części Basenu Polskiego. Pozwala to na prześledzenie rozkładu

zmian paleośrodowiska w Basenie Polskim i umożliwia zrozumienie przebiegu zmian w tym czasie. Umożliwia to rekonstrukcję cykli paleoklimatycznych, inicjujących dalsze, coraz bardziej drastyczne zmiany klimatu następujące w kredzie.

LITERATURA

- FÖLLMI K.B., 1996. The phosphorus cycle, phosphogenesis and marine phosphate-rich deposits. *Earth-Science Reviews*, **40**, 1/2: 55–124.
- MORALES C., KUJAU A., SPANGENBERG J.E., MUTTERLOSE J., HEIMHOFER U., ADATTE T., PLOCH I., FÖLLMI K.B., 2015. Palaeoenvironmental change through the onset of the Valanginian carbon-isotope excursion: Evidence from the Polish Basin. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, **426**: 183–198.
- PLOCH I., 2007. Record of the Valanginian global pattern of environmental change in the Polish basin. [W:] Abstract volume ICDP workshop on “Deep Terrestrial Scientific Drilling Project of the Cretaceous Songliao Basin” & “Rapid Environmental/Climate Change in the Cretaceous Greenhouse World: Ocean-Land Interactions” August 28–30, 2007, Daqing, China.

DOKUMENTOWANIE ZASOBÓW DYSPOZYCYJNYCH WÓD PODZIEMNYCH – CO NOWEGO W PASIE POBRZEŻA BAŁTYKU?

Elżbieta Przytuła^{1, *}

¹ Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy

*E-mail: elzbieta.przytula@pgi.gov.pl

Aktualne wyzwania państwowej służby geologicznej w zakresie określonym w ustawie Prawo wodne w obszarze dokumentowania zasobów dyspozycyjnych wód podziemnych dotyczą weryfikacji i aktualizacji ich wielkości, w sytuacjach trudności z bilansowaniem potrzeb wodnych jednostek bilansowych wód podziemnych, tj. obszarów bilansowych i rejonów wodnogospodarczych. Konieczność ta wynika najczęściej ze zmian w zagospodarowaniu terenu, zmian jakości wód podziemnych, wyznaczenia zasobów wód podziemnych bez uwzględnienia wszystkich poziomów wodonośnych, potrzeb środowiskowych oraz lepszego rozpoznania głębszych, często zasobnych poziomów wodonośnych, dotychczas nie eksploatowanych i nieuwzględnionych w wykonanych w latach 1994–2012 ocenach zasobów. Obszary priorytetowe wymagające aktualizacji zasobów dyspozycyjnych wód podziemnych zostały wskazane przez Państwowe Gospodarstwo Wodne Wody Polskie (PGW WP) na wnioski zgłoszone przez regionalne zarządy gospodarki wodnej (RZGW) lub w drugiej aktualizacji planów gospodarowania wodami na obszarze dorzeczy (IIaPGW).

Pierwszy etap prac objął opracowanie 10 programów prac geologicznych dla sporządzenia dokumentacji lub dodatku do dokumentacji hydrogeologicznej ustalającej zasoby dyspozycyjne wód podziemnych wytypowanych obszarów bilansowych. Cztery z powyższych opracowań odnoszą się do obszarów zlokalizowanych w pasie północnego wybrzeża Bałtyku. Opracowania są dostępne w Centralnym Archiwum Geologicznym w PIG-PIB. Wynikiem drugiego etapu prac, tj. prac dokumentacyjnych w pasie północnego wybrzeża Bałtyku, są dwie dokumentacje i jeden dodatek do dokumentacji, w których zaktualizowano ocenę zasobową dla następujących obszarów bilansowych:

- zlewni Dziwny (Hoc i in., 2021),
- zlewni Iny, Płoni i Gowienicy, w zakresie ustalenia zasobów dyspozycyjnych wód podziemnych piętra kredowego zlewni Gowienicy (Starościak i in., 2021),
- zlewni Redy, Zagórskiej Strugi i Piaśnicy (Pasierowska i in., 2025) – dokumentacja jest w końcowej fazie opracowania.

Kolejny ważny pod względem zaopatrzenia ludności w wodę jest obszar zlewni Raduni, Motławy wraz z obsza-

rem Żuław Gdańskich – aktualnie trwają działania dla pozyskania środków finansowych na realizację prac dokumentacyjnych zgodnie z przygotowanym już programem prac geologicznych (Szelewicka i in., 2023). Ustalanie wysokości zasobów dyspozycyjnych będzie uwzględniało specyfikę obszaru badań, a zwłaszcza sąsiedztwo brzegu morskiego z uwagi na możliwość ingresji wód morskich i ascencji wód zmineralizowanych, stref zagrożonych powodzią odmorską oraz specyficzny, regulowany obieg wody na Żuławach Wiślanych, a także planowane zmiany w gospodarowaniu wodami podziemnymi w rejonie Gdańska, mające na celu optymalizację poboru wód podziemnych ze strefy nadmorskiej na obszary wysoczyznowe.

Wykonane dokumentacje, po ich zatwierdzeniu przez ministra właściwego ds. środowiska w trybie przewidzianym przez Prawo geologiczne i górnicze, są dostępne w CAG w PIG-PIB.

Najbliższe wyzwania prac PSG wynikających z ustawy Prawo wodne w tym obszarze dotyczą kontynuacji prac dokumentacyjnych dla kolejnych obszarów wskazanych do realizacji w IIaPGW oraz działań zmierzających do zintegrowania jednostek bilansowych i jednolitych części wód podziemnych (JCWPd).

LITERATURA

- HOC R., WIŚNIEWSKI Z., BAĆKIK A., DOBIES M., FUSZARA P., SZCZEŚNIAK P., 2021. Dokumentacja hydrogeologiczna ustalająca zasoby dyspozycyjne wód podziemnych obszaru bilansowego zlewni Dziwny. CAG PIG-PIB. Nr inw. 3782/2023.
- PASIEROWSKA B., TARNAWSKA E., KARWIK A., HAJMOWICZ O., POTRYKUS D., SZELEWICKA A., 2025. Dokumentacja hydrogeologiczna ustalająca zasoby dyspozycyjne wód podziemnych obszaru bilansowego zlewni Redy, Piaśnicy, Zagórskiej Strugi oraz rzek Przymorza od Karwianki do Chylonki (w trakcie opracowania).
- STAROŚCIAK A., FILAR S., JÓŹWIĄK K., MORDZONEK G., NIDENTAL M., OLESIUŁ G., PIASECKA A., PRZYTUŁA E., ŚLIWIŃSKI Ł., WĘGLARZ D., 2021. Dodatek do dokumentacji hydrogeologicznej zasobów dyspozycyjnych wód podziemnych zlewni Iny, Płoni i Gowienicy w zakresie ustalenia zasobów dyspozycyjnych wód podziemnych

piętra kredowego obszaru bilansowego zlewni Gowienicy. CAG PIG-PIB. Nr inw. 2110/2023.
SZELEWICKA A., LIDZBARSKI M., HAJMOWICZ O., 2023.
Program prac geologicznych dla sporządzenia dokumentacji hydrogeologicznej ustalającej zasoby dyspo-

zycyjne wód podziemnych obszaru bilansowego Raduni i Motławy (G-14) wraz z rejonem wodnogospodarczym E-Kacza, Potok Oliwski (fragment G-18) oraz zachodnią częścią obszaru wodnogospodarczego E – Mierzeja Wiślana (fragment G 19). CAG PIG-PIB.

UKSZTAŁTOWANIE POWIERZCHNI PODŁOŻA CZWARTORZĘDU NA ARKUSZU KORONOWO (279) SMGP JAKO WYNIK HALOKINEZY

Małgorzata Schiewe^{1,*}, Łukasz Tchórzewski¹

¹ Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy, Oddział Pomorski

*E-mail: małgorzata.schiewe@pgi.gov.pl

Sypąg osadów czwartorzędu na arkuszu Koronowo Szczegółowej Mapy Geologicznej Polski w skali 1:50 000 stanowią utwory paleogenu i neogenu (Listkowska, 1985). Osady paleogeńskie należą do oligocenu dolnego i są reprezentowane przez szarobrunatne i brunatne mułowce i iłowce z przewarstwieniami mułków i piasków pylastych należące do formacji czempińskiej oraz piaski kwarcowo-glaukonitowe zaliczone do formacji mosińskiej górnej. Na osady neogeńskie składają się utwory miocenu górnego oraz pliocenu. Osady miocenske to piaski kwarcowe, ily i mułki z przewarstwieniami węgla brunatnego. Natomiast utwory pliocenu są reprezentowane przez ily i mułki, tworzące bezpośrednio podłoże czwartorzędu prawie na całym obszarze arkusza z wyjątkiem jego północnej części.

Powierzchnię podczwartorzędową cechuje niewielkie zróżnicowanie wysokości od 50 do 0 m n.p.m. W północno-zachodnim skraju arkusza podłoże czwartorzędu jest podniesione do 50 m n.p.m. i łagodnie obniża się ku południowemu wschodowi, osiągając wyrównaną powierzchnię położoną na 20 m n.p.m. Wschodnia część arkusza jest zajęta przez równinę sandrową rozciętą doliną rzeki Brdy. Ukształtowanie powierzchni podczwartorzędowej w tej części obszaru cechuje duże urozmaicenie, zwłaszcza w rejonie Koronowa (północno-wschodnia część obszaru) i w okolicy Wtelno–Tryszczyn (północna rubież Bydgoszczy). Obszar ten jest przekształcony glaukitektonicznie z porwakami neogeńsko-paleogeńskimi w postaci łusek. Strop porwaków udokumentowanych w dolinie Brdy w rejonie Koronowa występuje na rzędnych od 70 do 110 m n.p.m, a ich miąższość sięga 30 m. Pod porwakami leżą osady lodowcowe o miąższościach rzędu 20 m, a pod nimi z kolei osady wodnolodowcowe i zastoiskowe o łącznych miąższościach do 50 m. Poniżej można zidentyfikować właściwy strop neogenu, który najbezpieczniej jest określać na podstawie występowania węgla brunatnych.

Styl budowy geologicznej w rejonie doliny Brdy zdaje się nawiązywać do pionowych ruchów tektonicznych wy-

wolanych tektoniką solną (poduszka solna Koronowa) (Dadlez, 1998; Krzywiec 2006a, b, 2009; Czapowski, Bukowski, 2009). Sama dolina rzeki jest miejscami bardzo głęboko wcięta, skarpy sięgają 50 m w Koronowie, tworząc przelomowy odcinek rzeki. Na południe od Koronowa wysokość skarp dochodzi do 30 m. Jeszcze bardziej na południe – między Szczutkami a Bożenkowem – ciek prawie zanika, a dolina staje się płytka.

O neotektonicznych ruchach salinarnych mogą również świadczyć bardzo głębokie rynny jezior Byszewskich (NW część arkusza Koronowo). Rynny jezior są pozostałością po rynnach subglacialnych. Doliny o stromych skarpach osiągają lustro wody na 20–30 m, a głębokość jezior to nawet do 25 m. Wydaje się, że tak głębokie (40–50 m) rynny musiały być poddane pionowym ruchom podnoszącym, a obniżająca się baza erozyjna wymuszała erozję wgłębną.

LITERATURA

- CZAPOWSKI G., BUKOWSKI K., 2009. Złoża soli w Polsce – stan aktualny i perspektywy zagospodarowania. *Przegląd Geologiczny*, **57** (9): 798–811
- DADLEZ R. (red.), 1998. Mapa tektoniczna kompleksu cechsztyńskiego-mezozoicznego na Niżu Polskim 1:500 000. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- KRZYWIEC P., 2006a. Structural inversion of the Pomeranian and Kuiavian segments of the Mid-Polish Trough – lateral variations in timing and structural style. *Geological Quarterly*, **50** (1): 151–168.
- KRZYWIEC P., 2006b. Tektonika solna na Niżu Polskim – wnioski z interpretacji danych sejsmicznych. *Przegląd Geologiczny*, **54** (4): 303–304.
- KRZYWIEC P., 2009. Geometria i ewolucja wybranych struktur solnych z obszaru Niżu Polskiego w świetle danych sejsmicznych. *Przegląd Geologiczny*, **57** (9): 812–817.
- LISTKOWSKA H., 1985. Szczegółowa mapa geologiczna Polski 1:50 000 ark. Koronowo. Wydaw. Geologiczne, Warszawa.

REWIZJA OBECNOŚCI NASUNIĘCIA W DOLINIE BIAŁEJ WISEŁKI ORAZ ISTNIENIA SYNKLINY GOŚCIEJOWA (BESKID ŚLĄSKI, KARPATY ZEWNĘTRZNE)

Rafał Sikora^{1, *}

¹ Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy

*E-mail: rafal.sikora@pgi.gov.pl

Badania w obszarze położonym na północ od głównego grzbietu Pasma Baraniej Góry pozwoliły uzyskać dokładniejszy obraz strukturalny podłoża skalnego (Sikora, 2023). Opierały się one o klasyczne badania terenowe w odślonięciach skalnych oraz na analizie numerycznego modelu terenu z danych LiDAR (LiDAR-DEM). W ich wyniku potwierdzono wybitnie monoklinalny układ warstw w południowym skrzydle antykliny Szczyrku oraz wyznaczono znacznie większą liczbę uskoków (ryc. 1A) niż do tej pory było zaznaczonych na Szczegółowej Mapie Geologicznej Polski w skali 1:50 000 (Burtan, 1972, Nescieruk, Wójcik, 2017).

W dolinie Białej Wisyłki nie potwierdzono jednoznacznie istnienia N-wergentnego nasunięcia oraz antykliny w stropowej części warstw godulskich górnych, które były ujęte w opracowaniu Burtanówny i in. (1937). Na powierzchni warstw piaskowcowych występują mineralne (kalcytowe i kwarcowe) rysy ślizgowe wskazujące na tzw. posuw fałdowy w kierunku N–NW. W niektórych miejscach zaobserwowano również drobne asymetryczne fałdy ciągnięte o wergencji ku N i NW. Nie stwierdzono jednak wyraźnej powierzchni, którą można byłoby uznać za nasunięcie. Podobnie, nie znaleziono w tym obszarze dowodów potwierdzających istnienie fałdu obalonego o wergencji północnej.

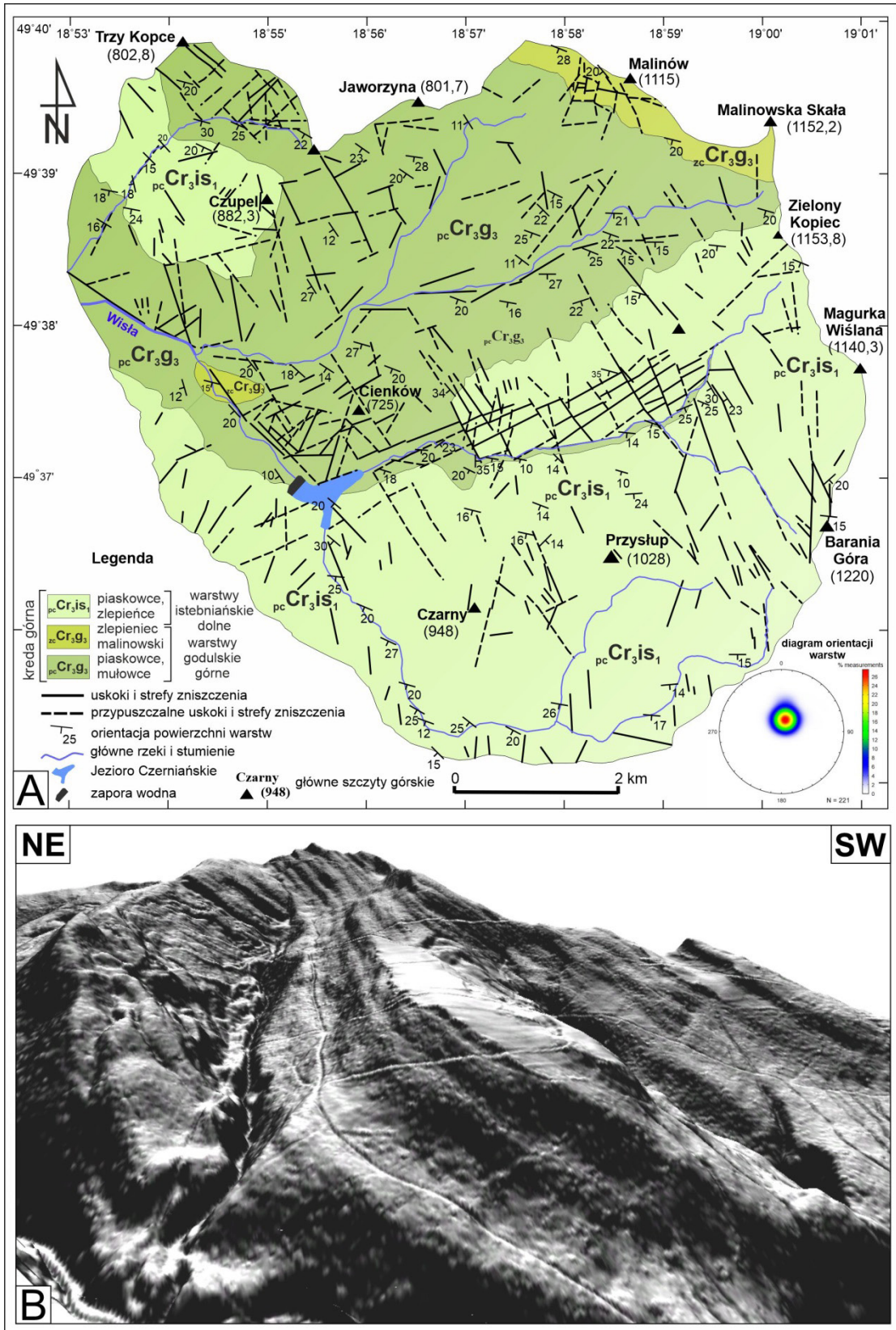
Z kolei monoklinalna geometria struktury podłoża skalnego nie potwierdza obrazów Burtan (1972, 1973) oraz Neścieruka i Wójcika (2017) ukazujących występowanie synkliny Gościejowa w północno-zachodniej części obszaru badań (dolina Gościejowa). Jej obecność nie została potwierdzona również analizą LiDAR-DEM (ryc. 1B). Warstwy istebniańskie dolne wykształcone w sposób gruboławicowy tworzą izolowany płat zalegający na drobnoławicowych warstwach godulskich górnych. Analiza ich zasięgu,

orientacji warstw i rzeźby stoków na mapach topograficznych oraz LiDAR-DEM wykazała, że wychodnie warstw istebniańskich dolnych w Dolinie Gościejowa znajdują się na wyższym poziomie topograficznym niż ich wychodnie, zlokalizowane w południowej części obszaru. Rozdzielone są one głębokimi, następującymi po sobie wcięciami potoków górskich i zagłębieniami, wykształconymi w utworach warstw godulskich górnych, które są mniej odporne na erozję. Izolowane wychodnie warstw istebniańskich dolnych są również rozdzielone serią uskoków o przebiegu ENE–WSW.

Z przedstawionych danych wynika, że wychodnie warstw istebniańskich dolnych w Dolinie Gościejowa należy uznać za pozostałość ciągłego horyzontu, który pierwotnie przykrywał skały warstw godulskich górnych w obszarze badań.

LITERATURA

- BURTAN J., 1972. Szczegółowa Mapa Geologiczna Polski, arkusz Wisła 1:50 000. Wydaw. Geologiczne, Warszawa.
- BURTAN J., 1973. Objasnienia do Szczegółowej Mapy Geologicznej Polski, arkusz Wisła 1:50 000. Wydaw. Geologiczne, Warszawa.
- BURTANÓWNA J., KONIOR K., KSIĄŻKIEWICZ M., 1937. Mapa geologiczna Karpat polskich. Polska Akademia Umiejętności, Kraków.
- NEŚCIERUK P., WÓJCIK A., 2017. Szczegółowa Mapa Geologiczna Polski, arkusz Wisła 1:50 000 (reambulacja). Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy, Warszawa.
- SIKORA R., 2023. The structure of the Silesian Beskid Block in the Vistula river source area in the western Outer Carpathians (southern Poland). *Annales Societatis Geologorum Poloniae*, **93**: 137–163.



Ryc. 1A. Mapa strukturalna obszaru źródłowego Wisły (Sikora, 2023); B. Monoklinalna struktura podłoża w Dolinie Gościejowa na numerycznym modelu terenu z danych LiDAR (Sikora, 2023)

ZMIANY TROFII I ŚRODOWISKA ODZWIERCIEDLONE W WYNIKACH ANALIZY DIATOMOLOGICZNEJ, CHEMICZNEJ I PALINOLOGICZNEJ OSADÓW DENNYCH GŁĘBI GDAŃSKIEJ

Aleksandra Sikorska^{1, *}

¹ Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy, Oddział Geologii Morza

*E-mail: aleksandra.sikorska@pgi.gov.pl

Okrzemki, jako mikroglony autotroficzne, stanowią podstawę łańcucha troficznego i są narażone na negatywne skutki zanieczyszczenia metalami w środowisku (Vo i in., 2018). Tolerancja okrzemek na zanieczyszczenie metalami różni się w zależności od budowy ich ściany komórkowej, odmiany oraz gatunku ze względu na ich długoterminową adaptację do środowiska. Badania sugerują również, że stopień akumulacji metalu w okrzemkach różni się także w zależności od morfotypu (Ma i in., 2021).

Wiele z metali śladowych jest niezbędnych do prawidłowego funkcjonowania organizmu ludzkiego lub ma na niego pozytywny wpływ. Jednakże przekroczenie dopuszczalnej dawki ma niemal zawsze negatywne konsekwencje, może prowadzić nawet do śmierci. Nadmierna eksploatacja zasobów naturalnych, urbanizacja, wylesianie oraz zmiana klimatyczna prowadzą do zwiększania ładunku metali przedostających się do środowiska morskiego. Stanowi to zagrożenie dla całego ekosystemu. Metale deponowane w osadach dennych, mogą przedostawać się ponownie do kolumny wody. Zagrożają przy tym organizmom związanym z dnem morskim, m.in. okrzemkom bentosowym. Antropopresja objawia się na wiele sposobów, między innymi eutrofizacją wód, która spowodowała powstanie w osadach powierzchniowych zbiorowiska antropogenicznego okrzemek (Witkowski, 1994).

W celu wykazania antropogenicznego wpływu na środowisko wykonano badania diatomologiczne i chemiczne 40 próbek z rdzenia osadu z rejonu Głębi Gdańskiej. Badania wykonano w ramach projektu badawczego microBALT, którego celem było określenie zmienności flory okrzemkowej i fauny otwornicowej w Morzu Bałtyckim. W celu wykonania analizy diatomologicznej pobrano materiał poddano preparatyce zgodnie z metodą Battarbee'go (1986), czyli usunięciu substancji i szczątków innych niż okrzemki przy użyciu kwasu chlorowodorowego i perhydrolu. W dalszych krokach określono florę okrzemkową rejonu badań dzięki wykonaniu zarówno analizy jakościowej – określenia składu florystycznego, jak i ilościowej – określenia koncentracji okryw okrzemek. Zidentyfikowane gatunki podzielono na grupy siedliskowe, halobowe, pH, troficzne oraz saprobne. W celu wykonania analizy stężenia wybranych metali śladowych (tytan, miedź, cynk, nikiel, rubid, stront i cyrkon), osad został zliofilizowany, zhomogenizowany za

pomocą młynka kulowego i przeanalizowany metodą fluorescencji rentgenowskiej (XRF).

Związek między koncentracją okryw poszczególnych gatunków okrzemek a stężeniem metali jest złożony. Ich wzajemny wpływ może różnić się w zależności od warunków środowiskowych, właściwości metalu i konkretnych gatunków okrzemek. Badania wykazały, że okrzemki mezotroficzne mają istotny pozytywny wpływ na stężenie miedzi, cynku, rubidu i strontu. Gatunki indyferentne miały antagonistyczny wpływ na stężenie miedzi, cynku oraz rubidu, ale pozytywny na stężenie cyrkonu w osadzie. Wzmógł udział gatunków eutroficznych występował wraz ze wzrostem miedzi i cynku w osadzie, jednocześnie wiążąc się ze spadkiem stężenia cyrkonu.

Wstępna analiza palinologiczna 80 cm rdzenia pobranego w Głębi Gdańskiej potwierdza powstawanie tego osadu w okresie subatlantyckim holocenu, czyli w czasie silnej antropopresji na środowisko naturalne.

Stężenia poszczególnych metali zmieniały się w czasie, ale dopiero dalsze, szczegółowe badania palinologiczne i datowania radiowęglowe pozwolą na zsynchronizowanie tych tendencji i przyporządkowanie ich do konkretnych wydarzeń historycznych.

LITERATURA

- BATTARBEE R.W., 1986. Diatom analysis. [W:] B.E. Berglund (red.) Handbook of Holocene paleoecology and paleohydrology. John Wiley & Sons Ltd., London: 527–570.
- MA J., ZHOU B., CHEN F., PAN K., 2021. How marine diatomscope with metal challenge: Insights from the morphotype-dependent metal tolerance in *Phaeodactylum tricorutum*. *Ecotoxicology and environmental safety*, **208**. DOI:10.1016/j.ecoenv.2020.111715.
- VO P., NGO H.H., GUO W.S., SOON-WOONG C., NGUYEN D.C., NGUYEN P.D., XUAN-THANH B. ZHANG X.B., JIANBO G., 2018. Can algae-based technologies be an affordable green process for biofuel production and wastewater remediation? *Bioresource Technology*, **256**. DOI:10.1016/j.biortech.2018.02.031.
- WITKOWSKI A., 1994. Recent and fossil diatom flora of the Gulf of Gdańsk, Southern Baltic Sea. *Bibliotheca Diatomologica*, **28**. Cramer, Berlin, Stuttgart, 313.

PALINOLOGICZNY ZAPIS OSADÓW MIOCEŃSKICH Z KLIFU ORŁOWSKIEGO (POŁUDNIOWY BAŁTYK)

Barbara Słodkowska^{1, *}

¹ Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy

*E-mail: barbara.slodkowska@pgi.gov.pl

W utworach piaszczystych, mułowych i mułkach węglistych odsłaniających się na morskim brzegu Kępy Redłowskiej w Gdyni, znanym jako Klif Orłowski, przeprowadzono badania palinologiczne. W osadach stwierdzono występowanie bogatych zespołów spor roślin zarodnikowych i ziaren pyłku.

W odsłonięciu zaznaczyły się dwa wyraźne poziomy mułków węglistych otoczone piaszczystym kompleksem osadowym ze strukturami sedymentacyjnymi, takimi jak powierzchnie erozyjne, laminacje, bioturbacje.

Badany, przeszło 10-metrowy, profil osadów odnosi się do tego samego poziomu palinostratygraficznego IX Tricolporopollenites pseudocingulum łączonego z mioceniem środkowym (ryc. 1, 2). Nieznaczne różnice w składzie zespołów taksonów sporomorf rejestrują lokalny, siedliskowy charakter zbiorowisk roślinnych i nie mają znaczenia palinostratygraficznego. Podobnie datowane osady na obszarze Pobrzeża Gdańskiego zostały stwierdzone przez Grabowską i Ważyńską (1997).

W badanych osadach Klifu Orłowskiego wyróżniono pięć faz rozwoju sedymentacji fitogenicznej i następstwa

zbiorowisk roślinnych spowodowanych czynnikami siedliskowymi, głównie zmianami wilgotności podłoża:

I – faza najstarsza, wyróżniona w osadach ze spągu odsłonięcia, charakteryzowała się znacznym udziałem sporomorf należących do roślin ciepłolubnych, rosnących w mezofilnych lasach mieszanych, bagiennych i łęgowych oraz krzewiastych zaroślach;

II – faza, w której spory i ziarna pyłku występowały licznie i reprezentowały bardziej wilgotne zbiorowiska roślinne, a skład taksonomiczny wyróżnionego zespołu wskazuje na dominację lasów bagiennych i krzewiastych zarośli;

III – faza zawierała najuboższy zespół sporomorf, w którym pojedynczo były spotykane taksony mioceńskie;

IV – faza, w której przeważały ziarna pyłku reprezentujące mezofilny las mieszany, łęgowy i krzewiaste zarośla z udziałem roślin ciepłolubnych, jednak mniej licznych niż w fazie I.

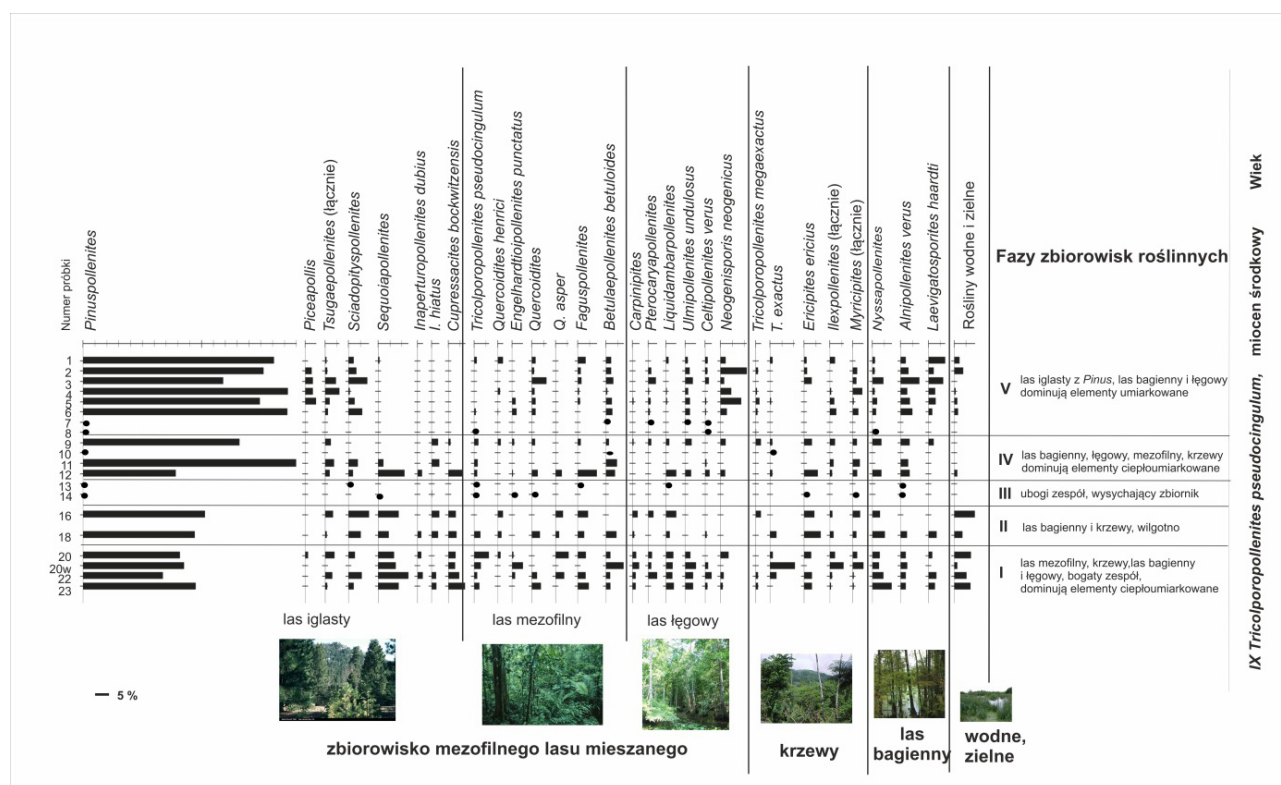
V – faza najmłodsza, duże znaczenie miał pyłek drzew iglastych z częstym udziałem Pinus. Licznie występował pyłek drzew lasu bagiennego i łęgowego. Zaznaczył się także udział fitoplanktonu słodkowodnego oraz roślin zielnych i wodnych.

Na podstawie składu i charakteru zbiorowisk roślinnych można odtworzyć sukcesję rozwoju roślinności panującej w wyższej części miocenu środkowego w analizowanym obszarze.

W najniższej części odsłonięcia, w osadach węglistych został zarejestrowany epizod panowania zbiornika bagiennego, wokół tego śródleśnego zbiornika rósł, zróżnicowany pod względem gatunkowym, las mezofilny z liczną i bogatą roślinnością ciepłolubną, pewne znaczenia miał także las iglasty rosnący na otaczających wzgórzach, a także las łęgowy i krzewiaste zarośla. Był to najcieplejszy epizod w całym analizowanym odcinku profilu odsłonięcia w Klifie Orłowskim. W kolejnym etapie rozwoju zbiornika sedymentacyjnego panująca roślinność była mniej bogata i zróżnicowana, większe znaczenie miała roślinność wilgociolubna rosnąca w lesie bagiennym, następowało stopniowe zarastanie torfowiska, na co wskazuje większe znaczenie zbiorowisk krzewiastych. Kolejny etap rejestruje zanik zbiornika, być może jego wysychanie i panowanie warunków niesprzyjających zachowaniu się pyłku w osadzie (wynurzenie). Następnie poziom wód gruntowych podniósł się i na tym obszarze znów rozwinął się zbiornik bagienny, do którego był składany pyłek drzew lasu me-



Ryc. 1. Miejsca poboru próbek osadów mioceńskich w Klifie Orłowskim poddanych badaniom palinologicznym



Ryc. 2. Diagram pyłkowy z odsonięcia osadów miocenkich w Klifie Orłowskim

zofilnego, łęgowego i krzewów. Panująca roślinność wskazuje na panowanie klimatu ciepłumiarkowanego. Ostatni etap to rozwój zbiornika wodnego panującego na torfowisku, w którym ważnym składnikiem był plankton słodkowodny, rośliny wodne i zielne. Ten zbiornik otaczał las iglasty z wyraźnym udziałem *Pinus*, duże znaczenie miały zbiorowiska preferujące znaczną wilgotność, odnotowano pyłek drzew lasu bagiennego i łęgowego, panował wówczas klimat umiarkowany. Ta faza zakończyła udokumento-

wany palinologicznie rozwój zbiornika sedymentacyjnego istniejącego na tym obszarze w późnym miocenie środkowym (serrawal).

LITERATURA

GRABOWSKA I., WAŻYŃSKA H., 1997. Badania palinologiczne i fitoplanktonowe osadów trzeciorzędowych z Po-brzeża Gdańskiego i z Bałtyku. Biuletyn Państwowego Instytutu Geologicznego, **375**: 5–32.

HOLOCEŃSKIE ZMIANY POZIOMU MORZA BAŁTYCKIEGO NA ŚRODKOWYM WYBRZEŻU POLSKI

Paweł Sydor^{1, *}

¹ Państwowy Instytut Geologiczny - Państwowy Instytut Badawczy, Oddział Pomorski

*E-mail: pawel.sydor@pgi.gov.pl

Problem zmian poziomu morza stanowi jedno z głównych zagadnień w historii badań Morza Bałtyckiego. Mimo istniejących opracowań omawiających ten temat, niektóre obszary wciąż wymagają dalszych badań. Jednym z takich terenów jest środkowy odcinek polskiego wybrzeża.

Głównym celem przeprowadzonych badań jest rekonstrukcja holocenijskich zmian poziomu morza w rejonie środkowego wybrzeża Polski przy użyciu archiwalnych (zabytki Państwowego Instytutu Geologicznego – Państwowego Instytutu Badawczego) i opublikowanych datowań, pochodzących z obszaru mierzei, torfowisk, dna morza i jezior przybrzeżnych oraz porównanie tych zmian z innymi rejonami Morza Bałtyckiego. Istniejące dane dla tego obszaru nigdy nie były zestawiane i analizowane pod kątem zmian poziomu wody.

Obszar badań znajduje się w południowej części Morza Bałtyckiego. Obejmuje on teren Południowej Ławicy Środkowej, Rynny Słupskiej, Ławicy Słupskiej, Ławicy Stilo, Płycizny Czołpińskiej oraz odcinek wybrzeża między Ustką i Władysławowem wraz z jeziorami przybrzeżnymi Gardno, Łebsko, Dołgie Wielkie i Sarbsko.

Analiza danych wykazała, że dla omawianego terenu dostępne są 563 daty radiowęglowe, OSL oraz TL. Stanowiska, dla których wykonano datowania są położone na dnie Bałtyku oraz na jego wybrzeżu (do 8 km w głąb lądu na nisko położonych obszarach). Wszystkie daty radiowęglowe wykalibrowano w programie OxCal v. 4.4 (Bronk Ramsey, 2009) przy użyciu krzywych IntCal20 (Reimer i in., 2020) dla próbek pochodzących z osadów środowisk lądowych, Marine20 (Heaton i in., 2020) dla próbek osadów ze środowisk morskich oraz Bomb21NH1 (Hua i in., 2022) dla dat w jednostkach pMC.

Zebrałe daty zostały przeanalizowane i wyselekcjonowane. Z dalszych analiz wykluczono daty starsze niż 13 tys. lat oraz położone na rzędnych powyżej 2 m n.p.m., jako niezwiązane z rozwojem Morza Bałtyckiego. Ponadto odrzucono daty postarzone oraz pochodzące z redeponowanego materiału. Ogółem odrzucono 273 daty. Do rekonstrukcji zmian poziomu morza wykorzystano 290 dat.

Uzyskane dane pozwoliły na rekonstrukcję zmian poziomu wody dla ostatnich 10,4 tys. lat, tj. dla okresu obejmującego dwa stadia rozwojowe Bałtyku – Jezioro Ancylusowe oraz Morze Literynowe, począwszy od rzędnej 28 m

poniżej współczesnego poziomu morza (p.p.m.). W okresie 10,4–10,2 tys. lat b2k, występował szybki wzrost poziomu wody (transgresja ancylusowa) w tempie 45 mm/rok. Ok. 10,2 tys. lat b2k poziom wody osiągnął rzędnię 19 m p.p.m. Powstanie odpływu wód do oceanu światowego w rejonie cieśnin duńskich ok. 10,2 lat b2k przyczyniło się do spadku poziomu wód jeziora do poziomu 24 m p.p.m. w okresie 10,4–10,2 tys. lat b2k. W tym czasie średnie tempo spadku poziomu wody wynosiło 12,5 mm/rok. Ok. 9,8 tys. lat b2k Jezioro Ancylusowe uzyskało połączenie z wodami oceanu światowego, rozpoczynając etap Morza Literynowego. W okresie 9,8–6,0 tys. lat b2k na obszarze badań występował szybki wzrost poziomu morza nazywany transgresją literynową. W okresie 9,8–9,0 tys. lat b2k poziom wody wzrósł z 24 do 16 m p.p.m., tj. o 8 m, w średnim tempie 10 mm/rok. W okresie 9,0–8,0 tys. lat b2k poziom wody wzrósł o kolejne 8 m (do ok. 7 m p.p.m.), w średnim tempie 9 mm/rok. W okresie 8,0–7,0 tys. lat b2k poziom morza podniósł się o 3 m (do 4 m p.p.m.). Tempo wzrostu w tym czasie wyniosło 3 mm/rok. W okresie 7,0–6,0 tys. lat b2k poziom morza wzrósł o 1 m (do 3 m p.p.m.) w średnim tempie 1 mm/rok. W ciągu ostatnich 6 tys. lat poziom morza wzrósł o 3 m w tempie ok. 0,5 mm/rok. Biorąc pod uwagę podobieństwa z innymi rejonami Bałtyku i oceanu światowego, można wnioskować, że zmiany poziomu morza w ciągu ostatnich 9,8 tys. lat na obszarze badań miały charakter eustatyczny.

LITERATURA

- BRONK RAMSEY C., 2009. Bayesian analysis of radiocarbon dates. *Radiocarbon*, **51** (1): 337–360.
- HEATON T.J., KÖHLER P., BUTZIN M., BARD E., REIMER R.W., AUSTIN W.E.N., BRONK RAMSEY C., GROOTES P.M., HUGHEN K.A., KROMER B., REIMER P.J., ADKINS J., BURKE A., COOK M.S., OLSEN J., SKINNER L.C., 2020. Marine20 – the marine radiocarbon age calibration curve (0–55,000 cal BP). *Radiocarbon*, **62** (4): 779–820.
- HUA Q., TURNBULL J.C., SANTOS G.M., RAKOWSKI A.Z., ANCAPICHÚN S., DE POL-HOLZ R., HAMMER S., LEHMAN S.J., LEVIN I., MILLER J.B., PALMER J.G., TURNEY C.S.M., 2022. Atmospheric radiocarbon for the period 1950–2019. *Radiocarbon*, **64** (4): 723–745.
- REIMER P.J., AUSTIN W.E.N., BARD E., BAYLISS A., BLACKWELL P.G., BRONK RAMSEY C., BUTZIN M., CHENG H.,

EDWARDS R.L., FRIEDRICH M., GROOTES P.M., GUILDERSON T.P., HAJDAS I., HEATON T.J., HOGG A.G., HUGHEN K.A., KROMER B., MANNING S.W., MUSCHELER R., PALMER J.G., PEARSON C., VAN DER PLICHT J., REIMER R.W., RICHARDS D.A., SCOTT E.M., SOUTHON J.R., TURNEY C.S.M., WACKER L., ADOLPHI F., BÜNTGEN U.,

CAPANO M., FAHRNI S.M., FOGTMANN-SCHULZ A., FRIEDRICH R., KÖHLER P., KUDSKS., MIYAKE F., OLSEN J., REINIG F., SAKAMOTO M., SOOKDEO A., TALAM S., 2020. The IntCal20 northern hemisphere radiocarbon age calibration curve (0–55 cal kBP). *Radiocarbon*, **62** (4): 725–757.

NOWE SPOJRZENIE NA MORSKIE MAPOWANIE GEOMORFOLOGICZNE POPRAZ ZAAWANSOWANĄ WIZUALIZACJĘ DANYCH NA OBSZARZE POŁUDNIOWEGO BAŁTYKU (WYNIKI WSTĘPNE)

Tomasz Szarafin^{1, *}, Urszula Pączek¹, Dorota Kaulbarsz¹

¹ Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy, Oddział Geologii Morza

*E-mail: tomasz.szarafin@pgi.gov.pl

Rozwój technologii umożliwia uzyskanie nowych informacji na podstawie istniejących danych. Pozwala to na rozwijanie i uszczegóławianie produktów kartografii geologicznej, jakimi są mapy, przy jednoczesnej oszczędności nakładów finansowych. Dzięki wykorzystaniu zaawansowanych analiz GIS i korelacji uzyskanych wyników z aktualną informacją geologiczną, pochodzącą z kompleksowych opracowań kartograficznych, realizowanych przez Państwowy Instytut Geologiczny – PIB, została przygotowana warstwa informacyjna prezentująca nowe podejście do kartowania geomorfologicznego dna polskich obszarów morskich. Warstwa ta powstała na podstawie instrukcji przygotowanej przez zespół projektu The European Marine Observation and Data Network (EMODnet) i stanowi próbę ujednoczenia klasyfikacji wydzielen geomorfologicznych dna Bałtyku.

Do przygotowania warstwy informacyjnej wykorzystano model batymetryczny o rozdzielczości wynoszącej 100 m, pozyskany z projektu EMODnet (<https://emodnet.ec.europa.eu/geoviewer/>) oraz dane z Mapy geologicznej Polski w skali 1:500 000 (Marks i in., 2022). Pierwszy etap prac polegał na utworzeniu modelu morfometrycznego z danych batymetrycznych w celu wyznaczenia różnoskalowych form występujących na dnie morskim oraz klasyfikacji tych form do 10 podstawowych typów. Całość prac przeprowadzono za pomocą zestawu narzędzi Benthic Terrain Modeler (BTM) 3.0 stanowiącego dodatek do oprogramowania ArcGIS (Wright i in.,

2012). W kolejnym etapie zestawiono powstały model morfometryczny z informacją litogenetyczną pochodzącą z opracowań geologicznych i dokonano klasyfikacji wyodrębnionych batymetryczno-geologicznych form zgodnie ze słownikami i instrukcją EMODnet. Przeprowadzona próba klasyfikacji wydzielen geomorfologicznych dna morskiego umożliwiła wyodrębnienie struktur, które nie były widoczne w poprzednich badaniach oraz wykazała konieczność rozbudowy istniejących słowników EMODnet. Wykorzystanie zaawansowanych narzędzi analizy przestrzennej będzie rozwijane podczas prac nad nową, uszczegółowioną Mapą geologiczną polskich obszarów morskich w skali 1:100 000.

LITERATURA

- MARKS L., GRABOWSKI J., STĘPIEŃ U. (red.), 2022. Mapa geologiczna Polski 1:500 000. A – Mapa powierzchni terenu. Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy, Warszawa.
- WRIGHT D.J., PENDLETON M., BOULWARE J., WALBRIDGE S., GERLT B., ESLINGER D., SAMPSON D., HUNTLEY E. 2012. ArcGIS Benthic Terrain Modeler (BTM), v. 3.0, Environmental Systems Research Institute, NOAA Coastal Services Center, Massachusetts Office of Coastal Zone Management. Available online at <http://esriurl.com/5754>.
- www1: <https://emodnet.ec.europa.eu/geoviewer/> (dostęp: 22.07.2025 r.).

GLACITEKTONICZNY ŁUK WZGÓRZ KOSZALIŃSKICH

Łukasz Tchórzewski^{1,*}, Paweł Sydor¹, Rafał Benedyczak¹,
Andrzej Piotrowski¹, Małgorzata Schiewe¹

¹Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy, Oddział Pomorski

*E-mail: lukasz.tchorzewski@pgi.gov.pl

Arkusze SMGP Koszalin i Sianów cechuje dość złożona budowa geologiczna, czego przejawem na powierzchni jest Góra Chełmska – jedyny rejon występowania na powierzchni osadów zaburzonych glacitektonicznie. Przedstawiona koncepcja obecności zaburzeń glacitektonicznych w tym rejonie lepiej naświetla genezę tego spektakularnego wyniesienia terenu. Depresja Grabowej w północnej części arkusza to obszar inspirowanych tektoniką odkłuc kier osadów paleogenu i neogenu, a część południowa to strefa ich akumulacji tworząca łuk, którego tylko południowo-zachodnie skrzydło jest czytelne obecnie w rzeźbie terenu. Południowa część łuku oraz jego skrzydło południowo-wschodnie wyrażają izolinie 60–80 m n.p.m. Łącznie depresja i elewacja w podłożu czwartorzędzie tworzą glacijotektonoparę w myśl koncepcji Ruszczyńskiej-Szenajch (1976).

Dokonano nowej interpretacji profili geologicznych (m.in. w otworach 18, 23, 35 i 53), która pozwoliła na powiązanie wieku zasadniczej fazy zaburzeń glacitektonicznych ze zlodowaceniami południowopolskimi (Sanu 1 i Sanu 2). Również wiek osadów zastoiskowych dużej miąższości w otworach 53 i 23 przypisano do zlodowacenia Sanu 2, dokładnie poprzez analogię do budowy geologicznej po zachodniej stronie Góry Chełmskiej, którą przedstawili Lisicki, Kacprzak (2017). Późniejsze zlodowacenia tylko modyfikowały rzeźbę terenu, a zlodowacenie Wisły w obrębie Góry Chełmskiej w procesie glacitektonicznych wyciśnień nadało jej szczególnie wyrazisty, liniowy, charakter.

Łądolód stadiału górnego ukształtował ostateczne rysy rzeźby terenu, tworząc rozległą i nisko położoną wysoczyznę zarówno w północnej, jak i południowej części omawianego obszaru. Czoło łądolodu o grubości 100 m, opierając się o Górę Chełmską spowodowało spiętrzenia modyfikujące porwaki starszych osadów w wyraziste ciągi morenowe z wyciśnięciami. Topografia obszaru wskazuje na obecność lokalnego lobu lodowcowego o cięciwie wynoszącej ok. 10 km. Pasierbski (1984) zauważa, że łuk ten odzwierciedlają izohipsy 60, 80 i 100 m n.p.m. Ukierunkowanie południowo-zachodniego skrzydła wspomnianego łuku jest zgodne z przebiegiem linii TT/TESZ (Teyssyre Tornquist Zone / Trans European Suture Zone).

LITERATURA

- LISICKI S., KACPRZAK L., 2017. Objasnienia do Szczegółowej mapy geologicznej Polski, arkusze Koszalin (45) i Koszalin N (1074). Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy, Warszawa.
- PASIERBSKI M., 1984. Struktura moren czołowych jako jeden ze wskaźników sposobu deglacjacji obszaru ostatniego zlodowacenia w Polsce. Wydaw. Uniwersytetu M. Kopernika w Toruniu.
- RUSZCZYŃSKA-SZENAICH H., 1976. Glacitektoniczne depresje i kry lodowcowe na tle budowy geologicznej południowo-wschodniego Mazowsza i południowego Podlasia. *Studia Geologica Polonica*, **50**: 87–92.

MODELOWANIE GEOLOGICZNE 3D W GEOTECHNICE I INŻYNIERII MORSKIEJ INSPIROWANE ROZWIĄZANIAMI Z PRZEMYSŁU NAFTOWEGO

Gabriel Ząbek¹, Adam Cygal^{2,*}, Dominika Adaszek¹, Damian Węgliński¹,
Łukasz Porzuczek¹, Bartosz Papiernik²

¹Grupa Geofusion Sp. z o.o.

²Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie

*E-mail: cygal@agh.edu.pl

Współczesna inżynieria morska zarówno w strefach przybrzeżnych (ang. *nearshore*), jak i na wodach głębokich (ang. *offshore*), wymaga coraz precyzyjniejszego rozpoznania warunków geologicznych i geotechnicznych podłoża budowlanego. Kluczowym elementem w procesie planowania i projektowania jest opracowanie właściwego modelu gruntu tj. kompleksowego, trójwymiarowego odwzorowania budowy geologicznej dna morskiego oraz jego właściwości fizycznych. Tego typu modele stanowią nieodzowną podstawę przy projektowaniu i realizacji instalacji takich jak farmy wiatrowe, rurociągi, falochrony, a także są wykorzystywane do projektowania przewiertów sterowanych HDD (ang. *Horizontal Directional Drilling*).

Celem pracy jest omówienie procesu tworzenia modeli geologicznych 3D oraz możliwości ich wykorzystania na potrzeby inżynierii morskiej i geotechnicznej. W procesie modelowania wykorzystywano dane: sejsmiczne UHRS, sejsmoakustyczne SBP, elektrooporowe ERT, magnetyczne MAG, sonarowe SSS i batymetryczne MBES. W procesie modelowania wykorzystano dane z wierceń geotechnicznych oraz informacje z badań laboratoryjnych *in situ*. Szczególny nacisk położono na przestrzenną integrację danych oraz redukcję niejednoznaczności interpretacyjnej poprzez zastosowanie narzędzi geostatystycznych wspieranych sztuczną inteligencją (AI).

Opracowane modele 3D wykorzystano do oceny i ograniczenia geozagrożeń (ang. *geohazards*), takich jak osuwiska podmorskie, kawerny, strefy upłynnienia gruntu, uskoki czy strefy zastoisk gazowych. Dzięki dokładnemu odwzorowaniu struktur geologicznych oraz właściwości gruntów, możliwe jest wczesne wykrycie niebezpiecznych obszarów i uwzględnienie ich w procesie projektowania, co znacząco zwiększa bezpieczeństwo inwestycji i pozwala uniknąć kosztownych awarii.

Technika trójwymiarowego modelowania geologicznego, rozwinięta w innych sektorach gospodarki, coraz częściej okazuje się kluczowa dla zrównoważonego, bezpiecznego i ekonomicznego rozwoju infrastruktury w środowisku morskim. Podkreślić należy potrzebę dalszego transferu wiedzy i narzędzi pomiędzy branżami oraz integracji nowoczesnych metod obliczeniowych z praktyką inżynierską.

Autorzy składają podziękowania Zarządowi Grupy Geofusion Sp. z o.o. za udostępnienie danych geofizycznych, hydrograficznych oraz geotechnicznych, które stanowiły fundament do opracowania modelu geologicznego 3D w tym projekcie. Modelowania zostały wykonane w ramach prac statutowych realizowanych przez Katedrę Surowców Energetycznych na Wydziale Geologii Geofizyki i Ochrony Środowiska AGH, nr 16.16.140.315/05.

SYSTEM NAFTOWY SYNEKLIZY BAŁTYCKIEJ W OBSZARZE BLOKU B NA MORZU BAŁTYCKIM

Jolanta Zielińska-Pikulska^{1, *}

¹ ORLEN Petrobaltic S.A., Biuro Poszukiwań i Koncesji

*E-mail: jolanta.pikulska@orlen.pl

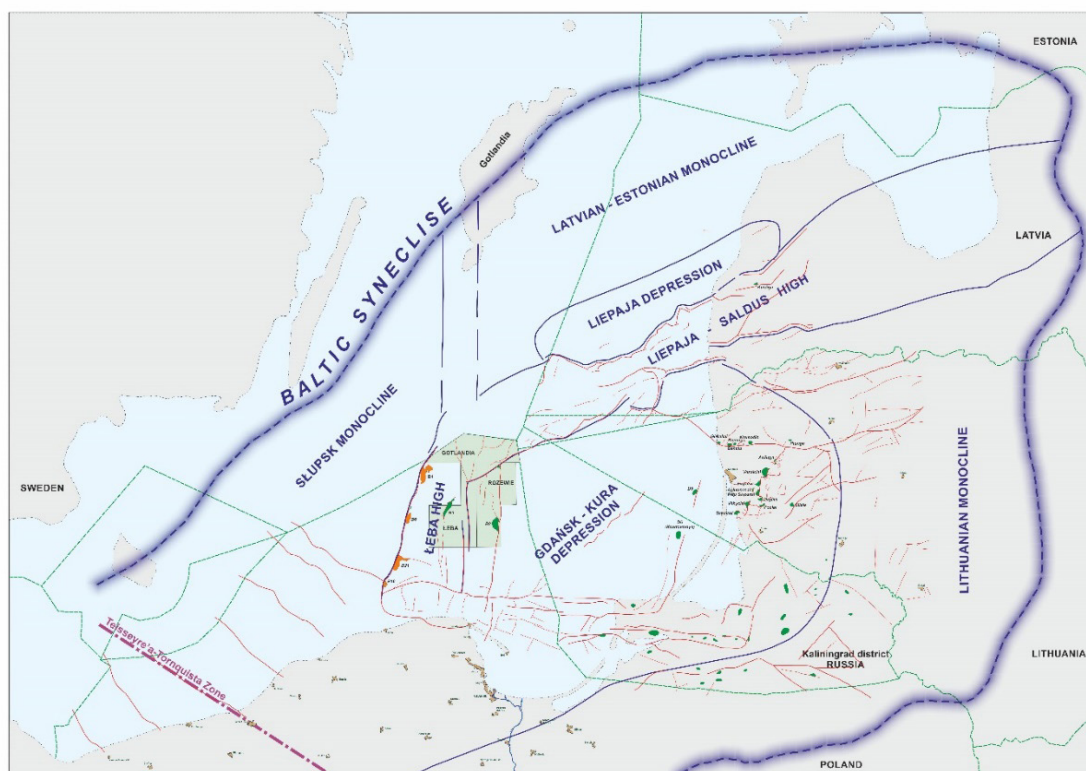
Obszar Bloku B, będący w morskiej części głównym rejonem zainteresowań ORLEN Petrobaltic S.A., jest zlokalizowany w południowej części Morza Bałtyckiego, gdzie głębokość wody waha się w zakresie 10–110 m p.p.m.

Jako jednostka geologiczna I rzędu jest to Synekliza Bałtycka (ryc. 1) o blokowej budowie tektonicznej, z małymi kątami upadu warstw. Jest zbudowana z pięciu kompleksów strukturalnych: podłoża krystalicznego, bajkalskiego, kaledońskiego, hercyńskiego oraz alpejskiego. Kluczowy dla poszukiwań ropy naftowej i gazu ziemnego na Syneklizie Bałtyckiej jest kompleks kaledoński (dolnopaleozoiczny), obejmujący poziomy od kambru dolnego do dewonu dolnego.

W dolnopaleozoicznym systemie naftowym najważniejszym poziomem ropo- i gazonośnym (zbiornikowym) w polskiej części morza bałtyckiego są piaskowce kambru środkowego *Paradoxides paradoxissimus* o regionalnym

rozprzestrzenieniu. Poziom ten jest reprezentowany przez drobnoziarniste piaskowce kwarcowe, przewarstwione iłowcami i mułowcami. Miąższość tych utworów na lądzie waha się od 5 do 175 m, natomiast na bloku B od 35 do 115 m. W obrębie poziomu zbiornikowego Cm2pp obserwuje się występowanie znacznej ilości obiektów strukturalnych o różnej wielkości, które mogą stanowić przestrzeń akumulacji migrujących węglowodorów. Potencjalne obiekty złożowe mają w większości charakter antyklin przyuskokowych. Dotychczasowe odkrycia złóż ropy naftowej i gazu ziemnego miały miejsce w takich antyklinach, rozwiniętych w wiszących skrzydłach uskoku o przebiegu południkowym.

System naftowy Syneklizy Bałtyckiej, pomimo dość dobrego rozpoznania i niezbyt skomplikowanej budowy geologicznej, wciąż potrafi zaskakiwać, co sugeruje, że kryje jeszcze wiele niespodzianek.



Ryc. 1. Obszar Syneklizy Bałtyckiej z lokalizacją koncesji ORLEN Petrobaltic S.A.

SPIS TREŚCI

SŁOWO WSTĘPNE	7
► REFERATY	9
BUDOWANIE WIEDZY O BASENIE MORZA BAŁTYCKIEGO W WYNIKU PROWADZONEJ AKTYWNOŚCI ORLEN PETROBALTIC, ZWIĄZANEJ Z POSZUKIWANIEM I EKSPLOATACJĄ WĘGLOWODORÓW, JAK RÓWNIEŻ REALIZACJA PROJEKTU DOTYCZĄCEGO DEKARBONIZACJI AKTYWÓW FIRMY <i>Helena Cygnar, Aneta Kubala, Alicja Lew, Tomasz Noworyta, Artur Wójcikowski, Jolanta Zielińska-Pikulska</i>	11
POLIHALIT W GLOBALNYM RYNKU NAWOZÓW K-MG A ROLA I PERSPEKTYWY ZŁÓŻ W POLSCE <i>Karol Durkowski</i>	12
KENOZOIK PÓŁNOCNO-ZACHODNIEJ CZĘŚCI POLSKICH OBSZARÓW MORSKICH W ZAPISIE GEOFIZYCZNYM <i>Dorota Kaulbarsz, Regina Kramarska, Piotr Krzywiec</i>	14
TEKTONIKA I SEDYMENTACJA NA OBSZARZE S BAŁTYKU I NW POLSKI – WNIOSKI Z INTERPRETACJI DANYCH SEJSMICZNYCH <i>Piotr Krzywiec</i>	16
WYKORZYSTANIE BADAŃ GEOLOGICZNYCH BAŁTYKU DO OCEN ODDZIAŁYWANIA NA ŚRODOWISKO <i>Agnieszka Kubowicz, Magdalena Kiejzik-Głowińska</i>	18
ZNACZENIE DOKUMENTOWANIA GEOLOGICZNO-INŻYNIERSKICH WARUNKÓW POSADOWIENIA MORSKICH FARM WIATROWYCH W KONTEKŚCIE TRANSFORMACJI ENERGETYCZNEJ POLSKI <i>Edyta Majer, Monika Szablowska, Krzysztof Majer</i>	19
ROZWÓJ MIERZEI WIŚLANEJ W HOLOCENIE ŚRODKOWYM <i>Krzysztof Ninard, Artur Górecki, Anna Hrynowiecka, Katarzyna Cywa, Natalia Piotrowska, Marzena Kłusek</i>	21
CZY ŻUŁAWY SIĘ OBNIŻAJĄ? PRÓBA GEOLOGICZNEJ ANALIZY DANYCH EGMS – EUROPEAN GROUND MOTION SERVICE <i>Zbigniew Perski, Maria Przyłucka, Michalina Cisto</i>	23
LINIE (HALO-)TEKTONICZNE PO OBU STRONACH DOLINY ODRY <i>Andrzej Piotrowski, Olaf Juschus, Paweł Sydor, Małgorzata Schiewe, Claus Dalchow, Ralf Dannowski</i>	25
PRZEJAWY TEKTONIKI SOLNEJ W ZŁOŻU POKŁADOWYM – IMPLIKACJE DLA STABILNOŚCI KAWERN NA PRZYKŁADZIE WYNIESIENIA ŁEBY <i>Michał Słotwiński, Marta Adamuszek</i>	26
NOWY MODEL FACJALNY OSADÓW MIOCENU DOLNEGO I ŚRODKOWEGO POBRZEŻA GDAŃSKIEGO <i>Robert J. Sokołowski</i>	27
DOSTĘPNOŚĆ I ZAGROŻENIA WÓD PODZIEMNYCH W STREFIE NADMORSKIEJ WOJEWÓDZTWA POMORSKIEGO <i>Ewa Tarnawska</i>	28
DYNAMICZNA STREFA BRZEGOWA POŁUDNIOWEGO BAŁTYKU – WYZWANIA GEOLOGICZNE <i>Grzegorz Uścińowicz</i>	30
IDENTYFIKACJA GEOZAGROŻEŃ I ICH WPŁYW NA REALIZACJĘ INWESTYCJI NA DNIE MORSKIM – PRZEGLĄD I METODY ROZPOZNANIA NA PRZYKŁADZIE DANYCH Z OBSZARU POŁUDNIOWEGO BAŁTYKU <i>Arkadiusz Wepner, Marek Bogucki, Janusz Dworniczak, Patrycja Kapuścińska, Elżbieta Maszloch, Jędrzej Patejko, Radosław Wróblewski</i>	32
WYBRANE ZAGADNIENIA GEOSEKWESTRACJI CO ₂ NA OBSZARZE MORZA BAŁTYCKIEGO <i>Mirosław Wojnicki, Karol Spunda, Krzysztof Sowizdżał, Tomasz Stoczyński, Łukasz Kłyż, Marcin Majkrzak, Renata Cicha-Szot, Tomasz Topór, Grzegorz Leśniak, Helena Cygnar, Artur Wójcikowski, Jarosław Tyburcy, Michał Gruszka, Michał Porębski</i>	33
NOWE BADANIA PALINOLOGICZNE MIOCEŃSKICH WĘGLI BRUNATNYCH Z KLIFU W CHŁAPOWIE – SPORY I ZIARNA PYŁKU ORAZ PALINOMORFY NIEPYŁKOWE JAKO NARZĘDZIA DO REKONSTRUKCJI PALEOŚRODOWISKA <i>Elżbieta Worobiec, Grzegorz Worobiec, Marek Widera</i>	35
POTENCJAŁ SUROWCOWY KONKRECCI FE-MN Z POŁUDNIOWEGO BAŁTYKU – AKTUALNY STAN WIEDZY <i>Karol Zglinicki, Michał Pilaszkiwicz, Agnieszka Wrzosek, Leszek Łęczyński, Szymon Uścińowicz, Krzysztof Szamałek</i>	37

► POSTERY	39
GDYŃSKIE UJĘCIA WÓD PODZIEMNYCH <i>Agnieszka Bugalska, Oliwia Hajmowicz</i>	41
BADANIA CHEMICZNE POLIHALITU Z REJONU NADBAŁTYCKIEGO POLSKI <i>Paulina Cyran, Aleksandra Basiura, Tomasz Toboła, Katarzyna Szramowiat-Sala</i>	43
PROPOZYCJA FORMALNEGO PODZIAŁU LITOSTRATYGRAFICZNEGO JURY ŚRODKOWEJ NA OBSZARZE CENTRALNEJ CZĘŚCI NIŻU POLSKIEGO. <i>Anna Feldman-Olszewska</i>	45
WPŁYW CZŁOWIEKA NA ZMIANY ROŚLINNOŚCI MIERZEI WIŚLANEJ – WSTĘPNE WYNIKI BADAŃ PALEOŚRODOWISKOWYCH <i>Artur Górecki, Anna Hrynowiecka, Krzysztof Ninard, Nick Schafstall, Renata Stachowicz-Rybka, Krzysztof Stachowicz, Sylwia Skoczylas-Śniaz, Katarzyna Cywa, Natalia Piotrowska, Marzena Klusek</i>	46
JEZIORO ŻARNOWIECKIE – CZEGO JESZCZE O NIM NIE WIEMY? WSTĘPNE WYNIKI BADAŃ NOWEGO RDZENIA OSADÓW <i>Anna Hrynowiecka, Monika Rzodkiewicz, Monika Niska, Mateusz Kramkowski, Mirosław Błaszkiwicz, Anna Kamińska, Natalia Piotrowska</i>	48
BUDOWA GEOLOGICZNA OKOLIC USTKI W ŚWIETLE BADAŃ METODĄ TOMOGRAFII ELEKTROOPOROWEJ <i>Mirosław Kamiński, Mirosław Krawczyk, Piotr Zientara, Mirosław Ludwiniak</i>	50
WŁAŚCIWOŚCI ZBIORNIKOWE SKAŁ KARBONU NA POMORZU ZACHODNIM <i>Aleksandra Kozłowska</i>	51
WYCIEKI WĘGLOWODORÓW W KARPATACH – EFEKTY PILOTAŻOWEJ INWENTARYZACJI <i>Adam Kozłowski, Mateusz Moroz, Dawid Długosz, Aleksander Gąsienica, Patryk Bładusiak, Justyna Ryłko-Frocisz</i>	53
ZAGOSPODAROWANIE ZŁOŻ ROPY NAFTOWEJ I GAZU ZIEMNEGO B3 I B8 NA MORZU BAŁTYCKIM <i>Alicja Lew, Tomasz Noworyta</i>	55
OSADY ŚRODOWISKA LĄDOWEGO W RZEŹBIE I BUDOWIE DNA POŁUDNIOWEGO BAŁTYKU <i>Elżbieta Maszloch, Marek Bogucki, Janusz Dworniczak, Patrycja Kapuścińska, Jędrzej Patejko, Arkadiusz Wepner¹, Radosław Wróblewski</i>	56
POMIARY STĘŻENIA RADONU W PRÓBKACH SKAŁ KARPACKICH, PRZY ZASTOSOWANIU KOMORY EMISYJNEJ <i>Mateusz Moroz, Jakub Bazarnik, Piotr Lenik</i>	57
GEOZAGROŻENIA WYSTĘPUJĄCE PODCZAS WYKONYWANIA BADAŃ GEOLOGICZNO-INŻYNIERSKICH W REJONIE POŁUDNIOWEGO BAŁTYKU <i>Jakub Nocoń</i>	58
MODERNIZACJA BAZY DANYCH GRAWIMETRYCZNYCH – NOWY OBRAZ ANOMALII BOUGUERA NA STYKU LĄDU I MORZA <i>Tomasz Olszak, Olga Rosowiecka, Monika Wilde-Piórko</i>	59
SZCZĄTKI ROŚLIN I WSPÓŁWYSTĘPUJĄCYCH BEZKRĘGOWCÓW Z GÓRNOTRIASOWEGO STANOWISKA PORĘBA NA GÓRNYM ŚLĄSKU <i>Grzegorz Pacyna</i>	61
INFORMACJA GEOLOGICZNA Z OBSZARÓW MORSKICH RP NA KRAJOWYCH I EUROPEJSKICH PLATFORMACH WYMIANY DANYCH <i>Urszula Pączek</i>	62
JAK ODKRYTO ZŁOŻA POLIHALITÓW W REJONIE ZATOKI PUCKIEJ <i>Tadeusz Peryt</i>	64
UWARUNKOWANIA GEOLOGICZNE SZTORMU 1497 ROKU <i>Andrzej Piotrowski, Paweł Sydor, Marek Kowalewski, Piotr Oliński, Tomasz Wolski</i>	65
PERTURBACJE PALEOŚRODOWISKA WALANŻYNU (KREDA DOLNA) BASENU POLSKIEGO <i>Izabela Ploch, Jacek Grabowski, Damian Lodowski, Andrzej Chmielewski</i>	66
DOKUMENTOWANIE ZASOBÓW DYSPOZYCYJNYCH WÓD PODZIEMNYCH – CO NOWEGO W PASIE POBRZEŻA BAŁTYKU? <i>Elżbieta Przytuła</i>	67
UKSZTAŁTOWANIE POWIERZCHNI PODŁOŻA CZWARTORZĘDU NA ARKUSZU KORONOWO (279) SMGP JAKO WYNIK HALOKINEZY <i>Małgorzata Schiewe, Łukasz Tchórzewski</i>	69
REWIZJA OBECNOŚCI NASUNIĘCIA W DOLINIE BIAŁEJ WISEŁKI ORAZ ISTNIENIA SYNKLINY GOŚCIEJOWA (BESKID ŚLĄSKI, KARPATY ZEWNĘTRZNE) <i>Rafał Sikora</i>	70

ZMIANY TROFII I ŚRODOWISKA ODZWIERCIEDLONE W WYNIKACH ANALIZY DIATOMOLOGICZNEJ, CHEMICZNEJ I PALINOLOGICZNEJ OSADÓW DENNYCH GŁĘBI GDAŃSKIEJ <i>Aleksandra Sikorska</i>	72
PALINOLOGICZNY ZAPIS OSADÓW MIOCEŃSKICH Z KLIFU ORŁOWSKIEGO (POŁUDNIOWY BAŁTYK) <i>Barbara Słodkowska</i>	73
HOLOCEŃSKIE ZMIANY POZIOMU MORZA BAŁTYCKIEGO NA ŚRODKOWYM WYBRZEŻU POLSKI <i>Paweł Sydor</i>	75
NOWE SPOJRZENIE NA MORSKIE MAPOWANIE GEOMORFOLOGICZNE POPRZEZ ZAAWANSOWANĄ WIZUALIZACJĘ DANYCH NA OBSZARZE POŁUDNIOWEGO BAŁTYKU (WSTĘPNE WYNIKI) <i>Tomasz Szarafin, Urszula Pączek, Dorota Kaulbarsz</i>	77
GLACITEKTONICZNY ŁUK WZGÓRZ KOSZALIŃSKICH <i>Łukasz Tchórzewski, Paweł Sydor, Rafał Benedyczak, Andrzej Piotrowski, Małgorzata Schiewe</i>	78
MODELOWANIE GEOLOGICZNE 3D W GEOTECHNICE I INŻYNIERII MORSKIEJ INSPIROWANE ROZWIĄZANIAMI Z PRZEMYSŁU NAFTOWEGO. <i>Gabriel Ząbek, Adam Cygal, Dominika Adaszek, Damian Węgliński, Łukasz Porzuczek, Bartosz Papiernik</i>	79
SYSTEM NAFTOWY SYNEKLIZY BAŁTYCKIEJ W OBSZARZE BLOKU B NA MORZU BAŁTYCKIM <i>Jolanta Zielińska-Pikulska</i>	80



Polskie Towarzystwo Geologiczne
ul. Gronostajowa 3A, 30-387 Kraków
tel.: 012-664-44-10, 799-070-170
e-mail: ptg@uj.edu.pl

ptgeol.pl

ISBN 978-83-68623-50-5