

## WSTĘP

Teresa PODHALAŃSKA, Magdalena SIKORSKA-JAWOROWSKA

### LOKALIZACJA OTWORU I WYKONANE POMIARY

Otwór wiertniczy Lębork IG 1 jest usytuowany w północnej Polsce w województwie pomorskim. Położony jest na platformie wschodnioeuropejskiej w obrębie jednostki geologicznej zwanej obniżeniem bałtyckim.

Otwór wiertniczy Lębork IG 1 został wykonany przez Państwowe Przedsiębiorstwo Poszukiwań Naftowych w Pile na zlecenie Państwowego Instytutu Geologicznego w celach badawczych z zamiarem rozpoznania budowy geologicznej na Pomorzu Gdańskim. Wiercenie rozpoczęto 20.09.1959 r., a zakończono 5.05.1961 r. Uzyskano wówczas jeden z pierwszych pełnych profili cechsztynu w Polsce, a także profile syluru i ordowiku o wysokim stopniu rdzeniowania.

#### Topograficzna lokalizacja otworu wiertniczego Lębork IG 1 (fig. 1):

- wieś: Czerwieńiec,
- gmina: Potęgowo,
- powiat: słupski,
- województwo: pomorskie,
- współrzędne geograficzne: długość  $17^{\circ}33'46''E$ , szerokość  $54^{\circ}31'04''N$ .

#### W otworze wiertniczym Lębork IG 1 wykonano następujące pomiary geofizyczne:

- profilowanie średnicy otworu PŚr (0,25–3309,50 m),
- profilowanie naturalnej promieniotwórczości gamma PG (5,50–3307,75 m),
- profilowanie neutron-gamma PNG (5,00–3310,25 m),
- profilowanie potencjałów samoistnych PS (54,25–3324,75 m),
- profilowanie oporności PO (51,25–3309,75 m),
- mikroprofilowanie oporności mPO,
- profilowanie oporności płuczki POpl (491,75–2996,75 m),
- profilowanie temperatury przy ustalonej równowadze temperatury PTu,
- profilowanie temperatury przy nieustalonej równowadze temperatury PTn,
- profilowanie temperatury po cementowaniu PTC,
- profilowanie krzywizny otworu PK.

Otwór nie posiada dokumentacji wynikowej. W Narodowym Archiwum Geologicznym (NAG) PIG-PIB znajduje się tylko karta otworu oraz załączniki do karty. Nie ma także kompletnego profilu litologiczno-stratygraficznego. Podczas wiercenia oraz we wczesnym etapie po jego zakończeniu wykonano niewiele badań i opracowań. W omawianym otworze na etapie wiercenia wykonano opróbowania hydrogeologiczne i pomiary geofizyki otworowej, niestety słabej jakości, stanowiące jednak bazę dla późniejszych obszernych opracowań merytorycznych.

W opracowanym profilu udokumentowano osady czwartorzędu, neogenu, paleogenu oraz utwory kredy, tria-

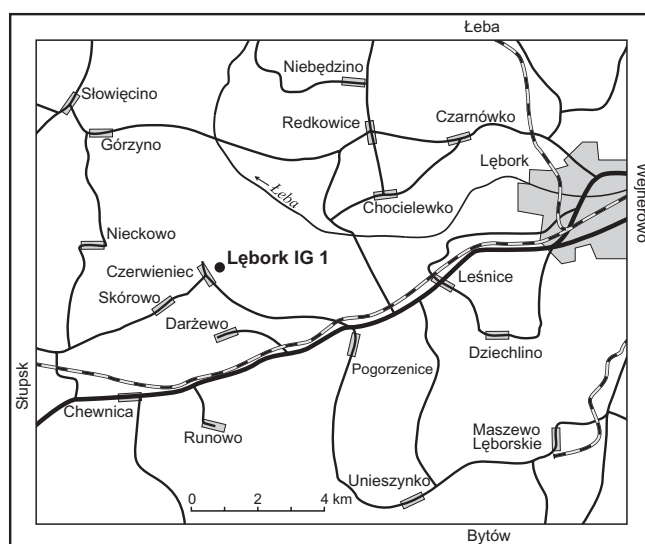


Fig. 1. Szkic lokalizacyjny otworu wiertniczego Lębork IG 1

Szkic wykonany na podstawie podkładów map topograficznych w skali 1:50 000 (Sztab Generalny WP); lokalizacja otworu wg CBDG PIG-PIB

Location map of the Lębork IG 1 borehole

Derived from 1:50 000 Topographic Base Maps (General Staff of PAF); borehole location after PGI-NRI Central Geological Database (CBDG)

su, permu, syluru i ordowiku. Miąższość przewierconych skał wynosi 3310,0 m, z czego największą miąższość mają utwory syluru, a mianowicie 2245,4 m, co stanowi 68% całego profilu. Zakres rdzeniowania całego profilu był wysoki, utwory syluru zostały rdzeniowane prawie w całości.

Przedstawiona praca zbiorowa ma charakter dokumentacyjno-naukowy i powstała na podstawie niewielu danych pochodzących z lat 60. XX w., a przede wszystkim na podstawie prowadzonych później badań naukowych. Wykonane zostały m.in. nowe badania stratygraficzne, paleontologiczne, litofacjalne, mikrofacjalne dotyczące skał różnych systemów geologicznych oraz geochemiczne wybranych utworów, a także badania materii organicznej (petrograficzne i pirolityczne). Wyniki tych badań zaprezentowano w niniejszym opracowaniu. Przedstawiono także wyniki analizy tempa depozycji osadów oraz modelowanie historii termicznej i warunków pogrzebania. Sporządzono profil litologiczno-stratygraficzny otworu z wybranymi krzywymi pomiarów geofizycznych (fig. 2<sup>1</sup>).

Szczególne zainteresowanie wzbudzają utwory syluru i ordowiku, gdyż część z nich stanowi interwały perspektywiczne do poszukiwania niekonwencjonalnych złóż węgłowodorów na terenie północnej Polski. Utwory syluru stanowią miąższy pakiet skał silikoklastycznych, który według aktualnie prowadzonych badań jest mieszaniną ilu i pyłu o zmiennych proporcjach. W przeważającej części są to mułowce (ang. *mudstones*), a w wyższej części syluru także pyłowce (ang. *siltstones*) oraz iłowce i iłowce pylaste, obecne głównie w dolnej i w najwyższej części profilu. Bardzo

często skały te są wapniste, zawierają także liczne prze-warstwienia tufitowe.

Archiwalny, wstępny profil litologiczno-stratygraficzny syluru autorstwa H. Tomczyka (znajdujący się w NAG w Warszawie) częściowo wprowadzony w 2008 r. do Centralnej Bazy Danych Geologicznych (CBDG, Weryfikacja profili stratygraficznych, 2008) odbiega od standardowych opisów i wydzieleni litologicznych. Prace związane z weryfikacją litologii syluru są obecnie prowadzone.

Granice jednostek chronostratygraficznych w nierdzienionych odcinkach profili, a także w interwałach rdzeniowanych słabo udokumentowanych biostratygraficznie, są przybliżone. Zostały wyznaczone przez poszczególnych autorów z różnym stopniem dokładności, na podstawie różnorodnych kryteriów, jak np. porównanie z datowanymi biostratygraficznie fragmentami innych profili regionalnych, a także na podstawie znajomości rozwoju i ewolucji danego basenu sedymentacyjnego.

Granice wyróżnionych jednostek litostratygraficznych w odcinkach nierdzienionych poszczególnych profili wyznaczono opierając się na analizie pomiarów geofizyki wiertniczej, głównie pomiarów PG i PNG. Ich wiek określono na podstawie reperów biostratygraficznych lub na podstawie korelacji z pobliskimi datowanymi biostratygraficznie otworami wiertniczymi.

Rdzeń z otworu wiertniczego Lębork IG 1 jest zdeponowany w Archiwum Rdzeni Wiertniczych i Próbek Geologicznych NAG Państwowego Instytutu Geologicznego-PIB w Iwicznej koło Piaseczna.

**Joanna ROSZKOWSKA-REMIN**

## REGIONALNE TŁO GEOLOGICZNE

Otwór Lębork IG 1 jest usytuowany w północno-zachodniej części platformy wschodnioeuropejskiej, w obrębie zachodniej części syneklizy perybałtyckiej/ obniżenia bałtyckiego, na obszarze wyniesienia Łeby. Obniżenie bałtyckie od zachodu jest ograniczone uskokami strefy tektonicznej Teisseyre'a–Törnquist (TTZ), którą uznaje się za zachodnią granicę platformy wschodnioeuropejskiej (wg Znosko, 1964, 1998), od północy natomiast obniżenie jest ograniczone tarczą bałtycką, a od południowego wschodu – wyniesieniem mazursko-podlaskim.

Na obszarze obniżenia bałtyckiego pokrywa osadowa leży na proterozoicznym podłożu krystalicznym, które nawiercono w kilkudziesięciu otworach wiertniczych, m.in. w Żarnowcu IG 1, Łebie 8, Kościerzynie IG 1 czy Słupsku IG 1. Głębokość występowania podłoża jest zmienna i wzrasta ku południowemu zachodowi (fig. 3). W otworze Lębork IG 1 podłoże nie zostało nawiercone, ale zakłada się, że może ono występować na głęb. ok. 3800–4000 m (Areń, Tomczyk, 1976; Znosko, 1998). Pokrywa osadowa jest niezdeformowana, a jej miąższość jest zmienna i waha

się od ok. 3200 do 5000 m. Skały osadowe przykrywające podłoże są wieku od ediakaru po czwartorzęd i powstawały w dwóch basenach sedymentacyjnych. Pierwszy z nich – basen bałtycki, zawiera utwory wieku od ediakaru do syluru. Brak jest utworów dewonu i karbonu, które zostały zerodowane w trakcie wypiętrzania się osadów basenu na przełomie wczesnego i środkowego dewonu oraz w karbonie. Miąższość utworów dolnopaleozoicznych jest zmienna i wzrasta ku południowemu zachodowi. Drugi basen – basen polski, obejmuje utwory od permu po kredę. Miąższość permsko-mezozoicznej pokrywy osadowej jest mniejsza i nie przekracza 900 m. Na niewielkiej miąższości utworach paleogenu i neogenu znajdują się osady czwartorzędowe związane z ostatnimi zlodowaceniami.

Utwory występujące w obniżeniu bałtyckim charakteryzują się brakiem większych zaburzeń tektonicznych. Nielicznie występują uskoki zrzutowe. Otwór Lębork IG 1 jest usytuowany w pobliżu jednego z nich – uskoku Ustki, który oddziela od siebie tektoniczne bloki Darłowa i Słupska (Znosko, 1998; Pokorski, 2010). Skały osadowe występują

<sup>1</sup> Figura 2 znajduje się w kieszeni na końcu książki.

ce na wymienionym obszarze leżą płasko lub są nieznacznie wychylone w kierunku południowo-zachodnim.

We wczesnym paleozoiku obszar otaczający otwór Lębork IG 1 należał do bałtyckiej części basenu bałtycko-podlasko-lubelskiego, który stanowił rozległy perykratyczny zbiornik sedymentacyjny wzdłuż (obecnie) południowo-zachodniej granicy Baltiki. Początek rozwoju basenu był sprzężony z procesami ryftowymi (od późnego ediakaru do środkowego kambru) związanymi z rozpadem superkontynentu Rodinii/ Pannonii (Poprawa i in., 1999; Jaworowski, 2002; Poprawa, Paczeńska 2002; Poprawa, 2006a). Następnie, do środkowego ordowiku, przestrzeń akomodacyjna w basenie była warunkowana niewielką termiczną subsydencją na pasywnej krawędzi kontynentu Baltiki. Od późnego ordowiku, w wyniku skośnej kolizji Awalonii i Baltiki, basen bałtycki stał się dystalną częścią zapadliska przedgórskiego powstałego przed nasuwającym się z zachodu (od Awalonii) czołem przysmy akrecyjnej (Poprawa i in., 1999; Jaworowski, 2002; Poprawa 2006b). W wyniku fleksuralnego ugięcia się podłoża powstała dodatkowa przestrzeń akomodacyjna, a tempo depozycji stopniowo wzrastało osiągając maksimum w ludlowie i przydolu (Poprawa i in., 1999; Modliński i in., 1999; Jaworowski, 2000a, 2002; Poprawa, 2006a, b).

Sedymentację we wczesnopaleozoicznym basenie bałtyckim warunkowała z jednej strony geotektoniczna pozycja i ewolucja basenu, z drugiej natomiast – eustatyczne zmiany poziomu morza. Rozwinięcie basenu w krawędziowej strefie Baltiki uwarunkowało strefowy układ litofacjal-

ny, ze wzrastającym udziałem osadów klastycznych w kierunku zachodnim, a osadów węglanowych w kierunku wschodnim (np. Modliński, 1968, 2010; Modliński, Podhalańska, 2010). Od kambru po ordowik środkowy wpływ udziału materiału klastycznego lub węglanowego był warunkowany pozycją w cyklu transgresywno-regresywnym związanym z eustatyką. Od późnego ordowiku układ litofacjalny zaczyna być warunkowany geotektonicznym reżimem związanym z kolizją Baltiki i Awalonii (Poprawa i in., 1999). Jednak wpływ zjawisk globalnych, jak na przykład eustatyczne zmiany poziomu morza związane ze światowym ochłodzeniem klimatu w hirnancie, jest rozpoznawalny w profilu (Podhalańska, 2009).

Na podstawie analizy litofacjalnej oraz występujących w profilu luk erozyjnych wypełnienie basenu skałami osadowymi można podzielić na cztery oddzielne sekwencje depozycyjne (*sensu* Jaworowski, 2002). Pierwsza sekwencja rozpoczyna się lądowymi osadami z pogranicza ediakaru i najniższego kambru, należącymi do formacji żarnowieckiej. Są to osady stożków aluwialnych i rzek roztokowych (Lendzion, 1970; Jaworowski, Sikorska, 2003) występujących bezpośrednio na krystaliniku. Ponad nimi leżą osady przejściowe i płytkomorskie. W dolnym i środkowym kambrze w wyniku dalszej transgresji pojawiają się osady heterolitowe strefy pływowej i mułowce otwartego szelfu formacji klukowskiej, łebskiej, sarbskiej i dębrowskiej (Jaworowski, 1998).

Granica między I a II sekwencją depozycyjną jest wyznaczona niezgodnością erozyjną. II epizod depozycyjny

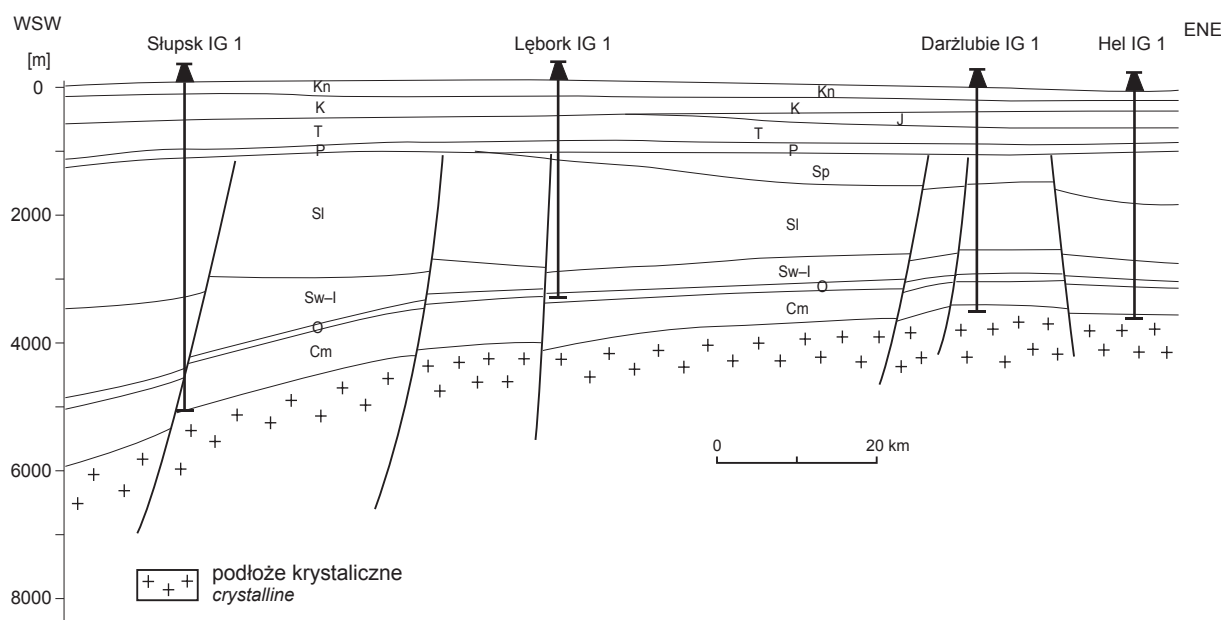


Fig. 3. Przekrój geologiczny Słupsk–Lębork–Darżlubie–Hel (wg Modlińskiego, 2011)

Cm – kambry + formacja smółdzińska (żarnowiecka), O – ordowik, Sw-I – sylur landower–wenlok, SI – sylur ludlow, Sp – sylur przydół, P – permian, T – trias, J – jura, K – kreda, CZ – kenozoik

Geological cross-section Słupsk–Lębork–Darżlubie–Hel (after Modliński, 2011)

Cm – Cambrian + Smoldzino (Żarnowiec) Formation, O – Ordovician, Sw-I – Silurian Llandovery–Wenlock, SI – Silurian Ludlow, Sp – Silurian Pridoli, P – Permian, T – Triassic, J – Jurassic, K – Cretaceous, CZ – Cenozoic

rozpoczął się transgresywnymi piaskowcami formacji z Białogóry powstałymi w środkowym kambrze (Jaworowski, 2000b). Powyżej leżą osady mułowcowe i iłowcowe, czasami z przewarstwieniami ciemnych wapieni bioklastycznych formacji słowińskiej i piasznickiej. Ta ostatnia, należąca do górnego kambru, zawiera ciemne, czarne iłowce bitumiczne, które są uważane za skały macierzyste dla środkowokambryjskiego systemu węglowodorowego. Osady powstawały na szelfie w warunkach wysokiego stanu morza i deficytu tlenowego w warstwie przydennej. Czarne bitumiczne łupki są odpowiednikiem skandynawskich łupków alunowych występujących w północno-wschodniej części basenu bałtyckiego (Jaworowski, 1998).

III sekwencja depozycyjna reprezentowana przez osady od dolnego do górnego ordowiku – flo–hirsant (podział wg tradycyjnie stosowanych oddziałów brytyjskich – arenig–aszgil). Sekwencja ta rozpoczyna się osadami należącymi do formacji ze Słuchowa leżącymi z niezgodnością erozyjną na osadach formacji piasznickiej. Utwory formacji ze Słuchowa (flo) zostały zdeponowane w warunkach wysokiego stanu morza na otwartym szelfie. Natlenienie wód było zmienne, co spowodowało depozycję szarych, zielonkawych i czarnych mułowców i mułowców ilastych (Modliński, 1982; Modliński, Podhalańska, 2010).

Pierwszymi osadami III sekwencji depozycyjnej, jakie nawiercono w otworze Lębork IG 1, są leżące nad formacją ze Słuchowa wapień formacji z Kopalina (flo–darriwil; podział wg oddziałów brytyjskich: arenig–lanwirn). Wapień te były deponowane na otwartej rampie węglanowej. Był to etap progradacji sedymentacji węglanowej w głąb basenu. Nad nimi występują ciemne bitumiczne mułowce i iłowce formacji z Sasina (darriwil–sandb–niższy kat; podział wg oddziałów brytyjskich: górny lanwirn–karadok), która reprezentuje ponownie depozycję drobnych silikoklastyków w warunkach wysokiego stanu morza, w dystalnych partiach szelfu i skłonu kontynentalnego ze sporadycznym wpływem sztormowego falowania. Licznie pojawiają się tutaj warstewki bentonitów i tufitów (Modliński, Podhalańska, *op. cit.*). Najmłodszymi osadami III sekwencji są margle formacji z Prabut (hirsant) powstałe w warunkach niskiego stanu morza. Jest to pik regresywny związany z globalnym spadkiem poziomu morza w późnym ordowiku, wywołanym zlodowaceniem na Gondwanie (Podhalańska, 2009).

Począwszy od późnego ordowiku do późnego syluru rozwój subsydencji był związany z fleksuralnym uginaniem się platformy wschodnioeuropejskiej spowodowanym skośną kolizją Baltiki i Awalonii (Poprawa i in., 1999). Stopniowo narastało tempo subsydencji tektonicznej, a także tempo depozycji osadów, osiągając maksimum w IV sekwencji depozycyjnej, do której należą utwory od lando-

weru po przydol. Sekwencja zaczyna się często od niezgodności erozyjnej na granicy pomiędzy osadami formacji z Prabut (hirsant) a osadami z formacji z Pasłęka – ogniwa Jantaru (landower). Jednak w niektórych otworach na wyniesieniu Łeby występuje ciągle przejście między utworami ordowiku i syluru (Tomczyk, 1990; Podhalańska, 2009). Osady formacji z Pasłęka reprezentują depozycję na otwartym szelfie z bardzo niewielką dostawą materiału klastycznego oraz zmiennymi warunkami natlenienia stref przydennych (Modliński i in., 2006). Wyżej leżą utwory wenloku, a miejscami wenloku i dolnego ludlowu formacji z Pelplina. To głównie szare i ciemnoszare mułowce i mułowce ilaste często lekko wapniste. Zdarzają się wkładki materiału piroklastycznego oraz węglanów. Osady wskazują na depozycję na otwartym szelfie albo na równiach hemipelagicznych, gdzie była ograniczona dostawa grubszych frakcji silikoklastycznych (Jaworowski, 2000a). Natlenienie dna było okresowo bardzo niskie (zwłaszcza we wczesnym wenloku). Osady formacji z Peplina stopniowo przechodzą w osady formacji z Kociewia (Modliński i in., 2006), która zawiera szare i ciemnoszare mułowce i mułowce pylaste z podwyższoną zawartością węglanów oraz przewarstwieniami pyłowców i węglanowych pyłowców deponowanych w środowisku hemipelagicznym, w którym spokojna sedymentacja była przerywana szybszą depozycją dystalnych utworów turbidytowych i osadów spływów kohezyjnych (Jaworowski, 2000a, b, 2002). Za obszar źródłowy materiału klastycznego uznaje się kaledońską pryzmę akrecyjną ułożoną wzdłuż strefy kolizji Baltiki i wschodniej Awalonii (Poprawa, i in. 1999, Jaworowski, 2000a; Jaworowski, 2002; Poprawa, 2006b). Bardzo charakterystycznym i rozpoznawalnym interwałem w formacji z Kociewia jest ogniwo Redy (Modliński i in., 2006), które jest widoczne zarówno w profilu litologicznym, jak i na profilach geofizycznych w wielu otworach. Najwyżej leżącymi i ostatnimi w IV sekwencji osadowej są utwory formacji z Pucka (górnego ludlow/ przydol). To głównie mułowce ze sporadycznie występującymi bentonitami. W górnej części profilu przechodzą w mułowce ilaste z przewarstwieniami i soczewkami margli i wapieni organodetrytycznych. Na sekwencję IV składają się osady formacji z Pasłęka, Pelplina, Kociewia oraz Pucka, które stanowią nieprzerwany zapis sedymentacji w basenie. Sukcesja łupkowo-pyłowcowa formacji z Kociewia jest traktowana jako egzoflisz (*sensu* Jaworowski, 2000a) deponowany w najbardziej dystalnych partiach basenu przedgórskiego przed formującym się orogenezą kaledońską. Profil utworów dolno-paleozoicznych w basenie bałtyckim jest zredukowany (brak jest części lub całości utworów przydolu) w wyniku erozji związanej częściowo z izostatycznym wypiętrzaniem pokolizyjnym (Poprawa, 2006b).