

Weryfikacja litostratygrafii triasu na potrzeby trójwymiarowego modelu budowy geologicznej bloku Gorzowa – spojrzenie przez pryzmat otworów bezrdzeniowych

Anna Becker¹



A. Becker

Verification of the Triassic lithostratigraphy for the three-dimensional model of the geological structure of the Gorzów Block – with particular emphasis on uncored boreholes. *Prz. Geol.*, 74: 598–605; doi: 10.7306/2026.48

Redaktor prowadzący: Andrzej Gluszyński

A b s t r a c t. The boundaries of Triassic lithostratigraphic units were verified in 294 boreholes as part of the Polish Geological Survey's project entitled "Three-dimensional digital model of the sedimentary cover of the Gorzów Block". The vast majority of these boreholes were drilled uncored in the Triassic interval, which means that the well logs are the basis for lithostratigraphic interpretation. Verification was performed by correlating 11 lithostratigraphic horizons within 28 transverse and 24 longitudinal correlation lines. All geophysical log data available for the project were used, including: gamma ray log (GR), neutron logs (NEGR, NPHI), resistivity logs (various types), acoustic log (DT), gamma-gamma density log (RHOB), and borehole diameter profiling (CALI). Previous definitions of the boundaries of the

Triassic lithostratigraphic units in the study area were vague or insufficiently precise, allowing for their delineation solely on well logs. As part of the project, correlated lithostratigraphic horizons were defined based on their log characteristics, partially altering their position relative to the original assumptions. The most significant changes concerned the following horizons: the base of the Schilfsandstein (Tk2b_spqg), the base of the Upper Gypsum Beds (Tk2c_spqg), and the base of the Upper Buntsandstein (Tp3_spqg). The positions of the base of the Baltic Formation (Tp1_spqg), the base of the Marly Beds (Tm1_spqg), the base of the unresolved Jarkowo, Zbąszynek and Wielichowo beds (Tk2d_spqg), and the base of the Sulechów Beds (Tk1_spqg) were also modified. The work indicates the need to modernize the lithostratigraphy of the Triassic succession, especially with regard to its possible use in uncored boreholes.

Keywords: well logs, Triassic, lithostratigraphy, Gorzów Block

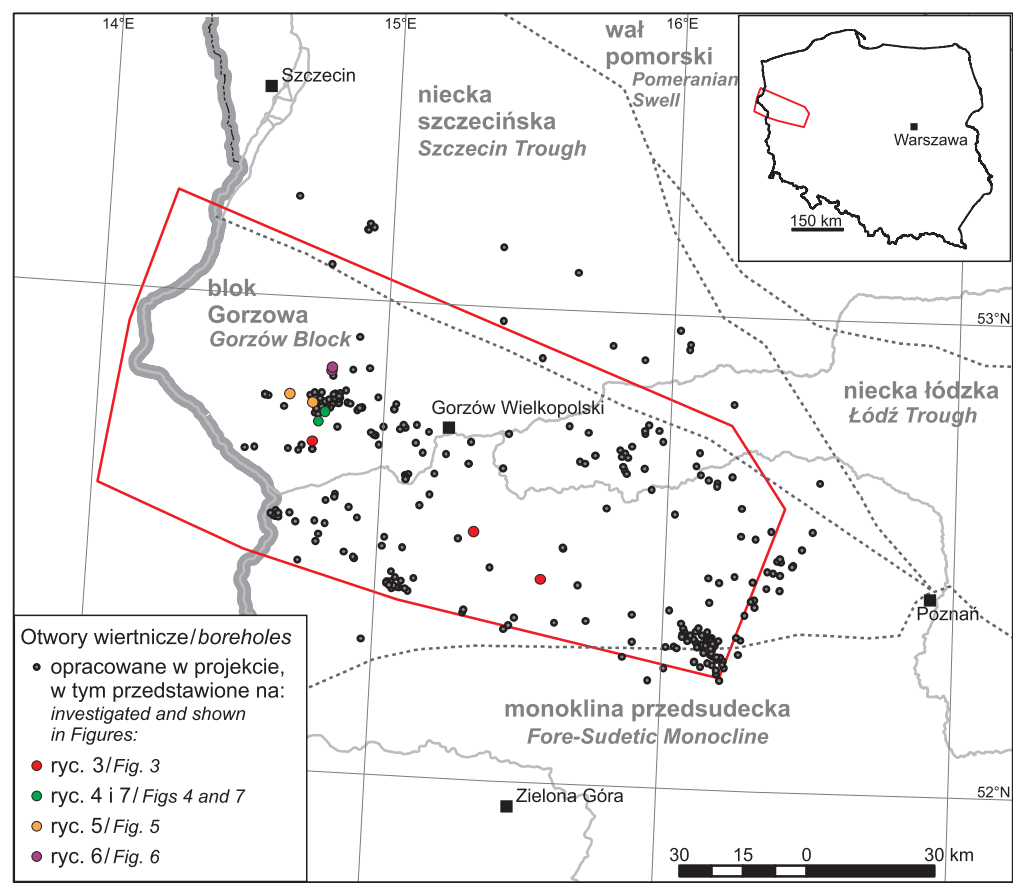
W dostępnej literaturze dotyczącej litostratygrafii triasu bloku Gorzowa brakuje jednoznacznych definicji granic wyróżnionych jednostek litostratygraficznych. Dotyczy to głównie triasu środkowego i górnego ze względu na brak w obrębie tych oddziałów jednostek sformalizowanych (Gajewska, 1978, 1979; Marek, Pajchłowa, 1997; Becker i in., 2026). Definicje formalnych jednostek wyznaczonych w niższej części grupy pstręgo piaskowca opierają się głównie na dość ogólnikowym opisie ich wykształcenia litologicznego z nielicznymi odniesieniami do obrazu jednostek, a zwłaszcza ich granic, na pomiarach karotażowych (Gajewska, Szyperko-Sliwczynska, 1979; Szyperko-Teller, 1982). Próbę formalizacji jednostek grupy kajpru podjął Franz (2008) w niepublikowanej pracy doktorskiej, dotyczącej basenu środkowej Europy (germańskiego) na obszarze od Danii przez Niemcy po Polskę. Bardzo duży zakres regionalny pracy również nie pozwolił na szczegółowe zdefiniowanie granic jednostek z precyzyjnym odniesieniem do ich obrazu na pomiarach karotażowych. Dane dotyczące triasu bloku Gorzowa pochodzą z głębokich otworów wiertniczych, w których interwał obejmujący ten system nie był rdzeniowany lub był rdzeniowany kontrolnie w bardzo niewielkim zakresie. Pełny rdzeń utworów triasu pobrano jedynie z otworu Gorzów Wielkopolski IG 1, pochodzącego z 1959 r. Na potrzeby realizacji zadania państwowej służby geologicznej (psg) pn. *Trójwymiarowy, cyfrowy model pokrywy osadowej bloku Gorzowa* (Szynkaruk, 2020) podjęto próbę skorygowania zastanych wydzieleni litostratygraficznych możliwie zgodnie z ich istniejącymi definicjami w 294 otworach

wiertniczych (ryc. 1; Becker, 2020). Wynik korelacji pokazał, że tak wyznaczone jednostki nie mogą być zastosowane do dalszych analiz (np. miąższości), ze względu na niejednoznaczności ich definiowania i wywoływane przez to lokalne anomalie o charakterze artefaktów. W związku z tym podjęto decyzję o zredefiniowaniu granic korelowanych jednostek i przeprowadzeniu prac weryfikacyjnych w obrębie jednostek o charakterze kompleksów geofizycznych, odpowiadających znanym wydzieleniom litostratygraficznym, jednak o granicach dobrze czytelnym na krzywych karotażowych i możliwie niezależnych od znacznych, lokalnych zmian facjalnych (patrz Becker, 2020).

METODYKA

Korelację wydzieleni litostratygraficznych prowadzono w oprogramowaniu Petrel Schlumberger na otworach z dostępnymi w projekcie pomiarami karotażowymi na odcinku triasowym, obejmującymi głównie: profilowanie gamma (GR), profilowanie neutronowe (głównie neutron-gamma w wersji zliczeń – NEGR lub porowatość neutronowa – NPHI), profilowania opornościowe różnego typu (np. EL03, EL07, EL09, LL3, LLS i LLD), profilowanie akustyczne (DT), profilowanie gęstościowe gamma-gamma (RHOB) oraz profilowanie średnicy otworu (CALI). Cyfrowe dane geofizyczne zostały udostępnione przez Polskie Górnictwo Naftowe i Gazownictwo S.A. (obecnie Orlen S.A.) na potrzeby realizacji zadania psg. Przyjęto, że w pomiarach geofizycznych granicom litologicznym najlepiej odpowiadają stropy

¹ Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy, ul. Rakowiecka 4, 00-975 Warszawa; anna.becker@pgi.gov.pl; ORCID ID: 0000-0001-6255-4007



Ryc. 1. Lokalizacja obszaru projektu Trójwymiarowy, cyfrowy model pokrywy osadowej bloku Gorzowa wraz z głębokimi otworami wiertniczymi opracowywanymi pod kątem weryfikacji litostratygrafii triasu (na podstawie Szykaruk, 2020). Przerywane linie – granice jednostek tektonicznych planu podkenozoicznego (wg Narkiewicza i Dadleza, 2008)

Fig. 1. Location of the project area Three-dimensional digital model of the sedimentary cover of the Gorzów Block, including deep boreholes used to verify Triassic lithostratigraphy (based on Szykaruk, 2020). Dashed lines indicate the boundaries of tectonic units in the sub-Cenozoic map (after Narkiewicz and Dadlez, 2008)

lub spągi wybranych anomalii geofizycznych (tzw. pików). W ten sposób definiowano granice kompleksów geofizycznych. Pomocniczo posługiwano się opisami rdzeni odcinków rdzeniowanych zamieszczonymi i dostępnymi w Centralnej Bazie Danych Geologicznych (CBDG) lub w materiałach publikowanych. Korelacje prowadzono na wytypowanych dla projektu 24 podłużnych i 28 poprzecznych liniach korelacyjnych. Otworem reperowym był Gorzów Wielkopolski IG 1, dla którego dane litostratygraficzne pochodzą z zeszytu nr 141 *Profili Głębokich Otworów Wiertniczych Państwowego Instytutu Geologicznego* (PGOW) (Feldman-Olszewska, 2014c). Jednak w wyniku bieżącej analizy regionalnej również w tym otworze zmodyfikowano kilka granic kompleksów geofizycznych. Źródłowa litostratygrafia w pozostałych otworach pochodziła z innych zeszytów serii PGOW, z danych z CBDG oraz z archiwalnych dokumentacji otworowych zgromadzonych w Centralnym Archiwum Geologicznym. Dla korelacji w obrębie wapienia muszlowego szczególne znaczenie miała praca Gajewskiej (1971), w której przedstawiła ona charakterystykę geofizyczną wydzieleni niższego rzędu.

W projekcie korelowano następujące horyzonty, zaczynając od spągu sukcesji (ryc. 2):

- spąg formacji bałtyckiej (Tp1_spąg);
- spąg formacji pomorskiej (Tp2_spąg);
- spąg górnego pstręgo piaskowca (Tp3_spąg);
- spąg warstw marglistych (Tm1_spąg);
- spąg środkowego wapienia muszlowego (Tm2_spąg);
- spąg warstw glaukonitowych (Tm3_spąg);
- spąg warstw sulechowskich (Tk1_spąg);

TRIAS GÓRNY UPPER TRIASSIC	Kajper Keuper	górny / Upper	warstwy wielichowskie / Wielichowo Beds	
			warstwy zbąszyneckie / Zbąszynek Beds	
			warstwy jarkowskie Jarkowo Beds	Tk2d_spąg*
		środkowy Middle	warstwy gipsowe górne Upper Gypsum Beds	Tk2c_spąg*
			piaskowiec trzciniowy Schillsandstein	Tk2b_spąg*
TRIAS ŚRODKOWY MIDDLE T.	Wapień muszlowy Muschelkalk		warstwy gipsowe dolne Lower Gypsum Beds	Tk2a_spąg*
		dolny Lower	warstwy sulechowskie Sulechów Beds	Tk1_spąg*
		górny / Upper		Tm3_spąg*
		środkowy Middle		Tm2_spąg*
		dolny Lower		Tm1_spąg*
TRIAS DOLNY LOWER TRIASSIC	Pstry piaskowiec Buntsandstein	górny Upper	„formacja” retu Röt formation	Tp3_spąg*
			formacja półczyńska Półczyn Formation	
		środkowy Middle	formacja pomorska Pomerania Formation	Tp2_spąg*
		dolny Lower	formacja bałtycka Baltic Formation	Tp1_spąg*

*spąg – base

Ryc. 2. Schemat litostratygrafii triasu NW Polski (wg Marka i Pajchlowej, 1997 oraz Wagnera, 2008) wraz z położeniem weryfikowanych horyzontów

Fig. 2. Lithostratigraphic scheme of the Triassic in NW Poland (after Marek and Pajchlowa, 1997 and Wagner, 2008), showing the positions of the verified horizons

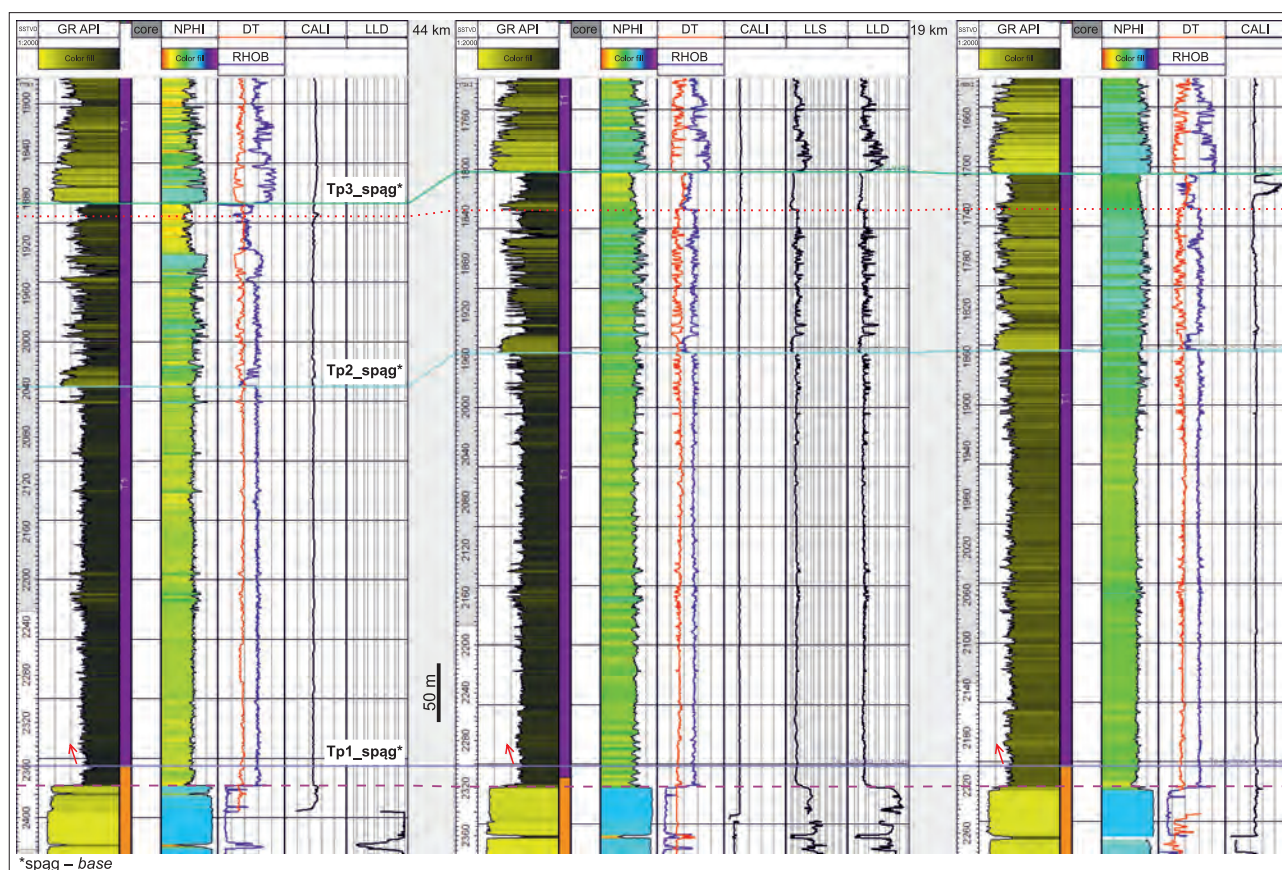
- spąg warstw gipsowych dolnych (Tk2a_spag);
- spąg piaskowca trzcinowego (Tk2b_spag);
- spąg warstw gipsowych górnych (Tk2c_spag);
- spąg nierozdzielonych warstw jarkowskich, zbąszyńskich i wielichowskich (Tk2d_spag).

CHARAKTERYSTYKA SKORELOWANYCH HORYZONTÓW LITOSTRATYGRAFICZNYCH TRIASU NA PODSTAWIE ANALIZY PROFILOWAŃ GEOFIZYCZNYCH

Horyzont **TP1_spag** odpowiada granicy stropowej serii terygeniczej cechsztynu zbudowanej głównie z mułwców i ilowców oraz formacji bałtyckiej dolnego pstręgo piaskowca o bardzo podobnej litologii. Definiowanie tej granicy nastręcza trudności nawet w profilach rdzeniowych (Gajewska, Szyperko-Śliwczyńska, 1979; Wagner, 1979, 1994, 2014). W profilach bezrdzeniowych tym bardziej brak jest jednoznacznych kryteriów jej wyznaczania w opracowywanym regionie. Stawiana jest ona powyżej bardzo wyraźnej granicy litologicznej, jaką jest strop ewaporatów cechsztynu, w stropie sekwencji mułowcowo-ilastej o nieco odmiennym zapisie krzywych karotażowych niż leżąca wyżej formacja bałtycka. Tak wyznaczony horyzont odpowiada obecnie obowiązującej definicji spągu formacji bałtyckiej

(Szyperko-Śliwczyńska, 1979). W niniejszej korelacji granicę tę stawiano w spągu ok. 20-metrowego interwału, który charakteryzuje się trendem niewielkiego spadku wartości na krzywej GR. Wskazuje to prawdopodobnie na stopniowy wzrost węglanowości utworów drobnoklastycznych (być może również na lekki wzrost ich piaszczystości) oraz ustalenie się obu tych parametrów na wyższym poziomie w formacji bałtyckiej w stosunku do stropowej serii terygeniczej cechsztynu (ryc. 3). W wielu otworach trend ten nie był rozpoznawalny. Stosowano wtedy korelację za pomocą charakterystyki zapisów innych krzywych w okolicznych otworach lub pozostawiano pozycję źródłową tego horyzontu bez zmian. Ze względu na brak możliwości jednoznacznego zdefiniowania tego horyzontu na bazie krzywych geofizycznych jego korelacja jest obarczona najwyższym stopniem niepewności wśród wszystkich korelowanych horyzontów triasu.

Horyzont **TP2_spag** jest położony w spągu kompleksu węglanowo-piaskowcowego rozpoczynającego formację pomorską środkowego pstręgo piaskowca. Kompleks ten jest bardzo dobrze czytelny na pomiarach karotażowych (ryc. 3), tworzy jednorodną blokową lub dwudzielną blokową ujemną anomalię na krzywej GR, zwykle z ostro zdefiniowanym spągiem (np. Gajewska, Szyperko-Śliwczyńska, 1979; Szyperko-Teller, 1982; Becker, 2025). W niektórych



Ryc. 3. Przykład korelacji horyzontów litostratygraficznych pstręgo piaskowca. Przerywana linia – strop ewaporatów cechsztynu; kropkowana linia – potencjalna korelacja tzw. kompleksu podewaporatowego, włączanych wcześniej do formacji retu; czerwona strzałka – charakterystyczny trend na krzywej GR w spągu formacji bałtyckiej. CALI – profilowanie średnicy otworu, DT – profilowanie akustyczne, GR API – profilowanie naturalnego promieniowania gamma, LLS, LLD – profilowania oporności, NPHI – profilowanie neutronowe, RHOB – profilowanie gęstości objętościowej

Fig. 3. Example of the correlation of Buntsandstein lithostratigraphic horizons. Dashed line – top of the Zechstein evaporites; dotted line – potential correlation of the so-called sub-evaporite strata, previously included in the Röt formation; red arrow – characteristic trend on the GR curve at the base of the Baltic formation. CALI – borehole diameter profiling, DT – acoustic log, GR API – natural gamma ray log, LLS, LLD – resistivity logs, NPHI – neutron log, RHOB – density log

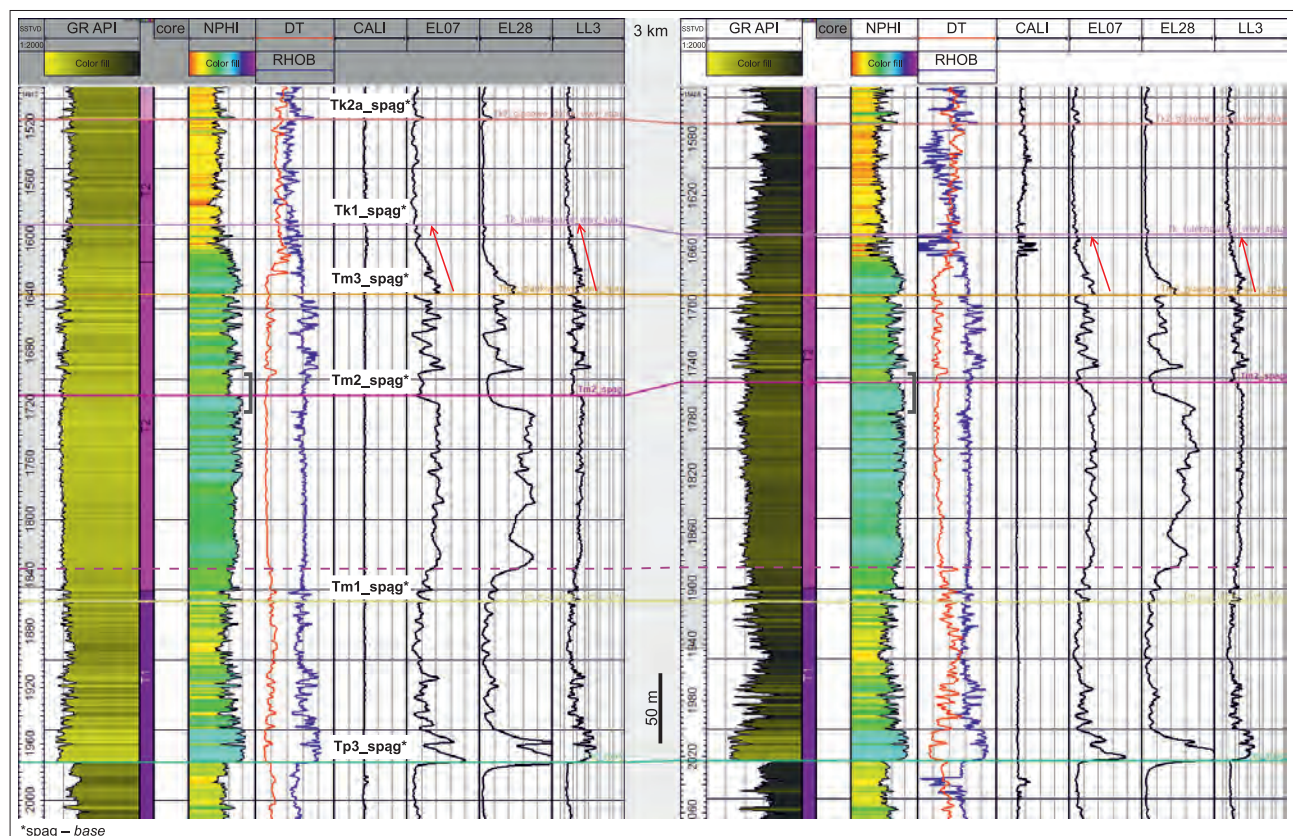
otworach, np. z rejonu Paproci, korelacja horyzontu była utrudniona przez występowanie w spągu kompleksu cienkiej warstwy o nieco wyższych wartościach naturalnego promieniowania gamma, niższej porowatości i większej oporności. W niniejszej korelacji podjęto decyzję o umiejscowieniu horyzontu w spągu dyskutowanej warstwy, uznając ją za piaskowiec wapienisty z intraklastami ilastymi, litologicznie bardziej odpowiadający formacji pomorskiej niż leżącej niżej formacji bałtyckiej.

Horyzont **Tp3_spag** wyznaczano w spągu wyraźnego węglanowo-anhydrytowego kompleksu górnego pstrego piaskowca, tworzącego miąższą negatywną anomalię na krzywej GR i DT oraz pozytywną anomalię na krzywej NEGR (= podobna anomalia spadku porowatości na krzywej NPHI), jak też na krzywych oporności i gęstości na bazie pomiarów gamma-gamma (RHOB). Anomalia ta na wszystkich krzywych ma z reguły bardzo wyraźną dolną granicę (ryc. 3, 4). W ten sposób, za Feldman-Olszewską (2014c), zrezygnowano z włączania do górnego pstrego piaskowca (formacji retu) tzw. kompleksu podewaporatowego (Kulikowski, 1979; Becker, 2005). Tak zdefiniowany horyzont **Tp3_spag** jest najlepiej rozpoznawalnym horyzontem w regionie.

Horyzont **Tm1_spag** jest położony w spągu najniższego węglanowego przewarstwienia rozpoczynającego sekwencję częstych przewarstwień węglanowych w najniższej części wapienia muszlowego, na pograniczu z formacją retu (ryc. 4).

Tak wyznaczony horyzont odpowiada spagowi warstw marglistych (Gajewska, 1971, 1979; Feldman-Olszewska, 2014c). Jednak bardziej jednoznaczny litologicznie jest spąg wyraźnego jednolitego kompleksu węglanowego dolnego wapienia muszlowego, odpowiadający dolnej granicy warstw falistych (Gajewska, 1971, 1979; Feldman-Olszewska, 2014c). Utwory retu przechodzą w warstwy margliste wapienia muszlowego w ciągłości sedimentacyjnej, co utrudnia jednoznaczne ich rozgraniczenie (Gajewska, 1971; Kędzierski, 2002). Horyzont **Tm1_spag** jest stawiany w spągu cienkiej pozytywnej anomalii wskazań NEGR (= spadek porowatości na krzywej NPHI), wyraźnie wyższej niż leżące niżej podobne anomalie w sukcesji retu. Anomalie na podobnym poziomie powtarzają się regularnie powyżej tej granicy, aż po spąg jednolitego kompleksu wapieni falistych. Anomalii NEGR/NPHI towarzyszy zwykle dość wyraźna negatywna anomalia GR oraz wyraźne pozytywne anomalie na krzywych opornościowych (zwłaszcza LLD, LLS, LL3, EL03, EL07, EL09; ryc. 4).

Kompleks geofizyczny środkowego wapienia muszlowego charakteryzuje się dużą zmiennością w zapisie wszystkich krzywych geofizycznych (patrz Gajewska, 1971, 1979), a zwłaszcza częstymi spadkami oporności czy wręcz najniższym poziomem oporności w całej sukcesji wapienia muszlowego. Horyzont **Tm2_spag** jest umieszczany u podstawy najniższej negatywnej anomalii oporności wyznaczonej przez krzywe LL3, LLS, LLD i nieco mniej precyzyjnie



Ryc. 4. Przykład korelacji horyzontów litostratigraficznych najwyższego pstrego piaskowca, wapienia muszlowego i najniższego kajpru. Przerywana linia – spąg węglanowego kompleksu wapienia muszlowego (wapieni falistych); czerwona strzałka – charakterystyczny trend na krzywych profilowania oporności w górnym wapieniu muszlowym; czarna kłammer – odcinek o obniżonej (pod **Tm2_spag**) i podwyższonej (nad **Tm2_spag**) porowatości (krzywa NPHI). EL07, EL28, LL3 – profilowania oporności; pozostałe objaśnienia krzywych jak na ryc. 3

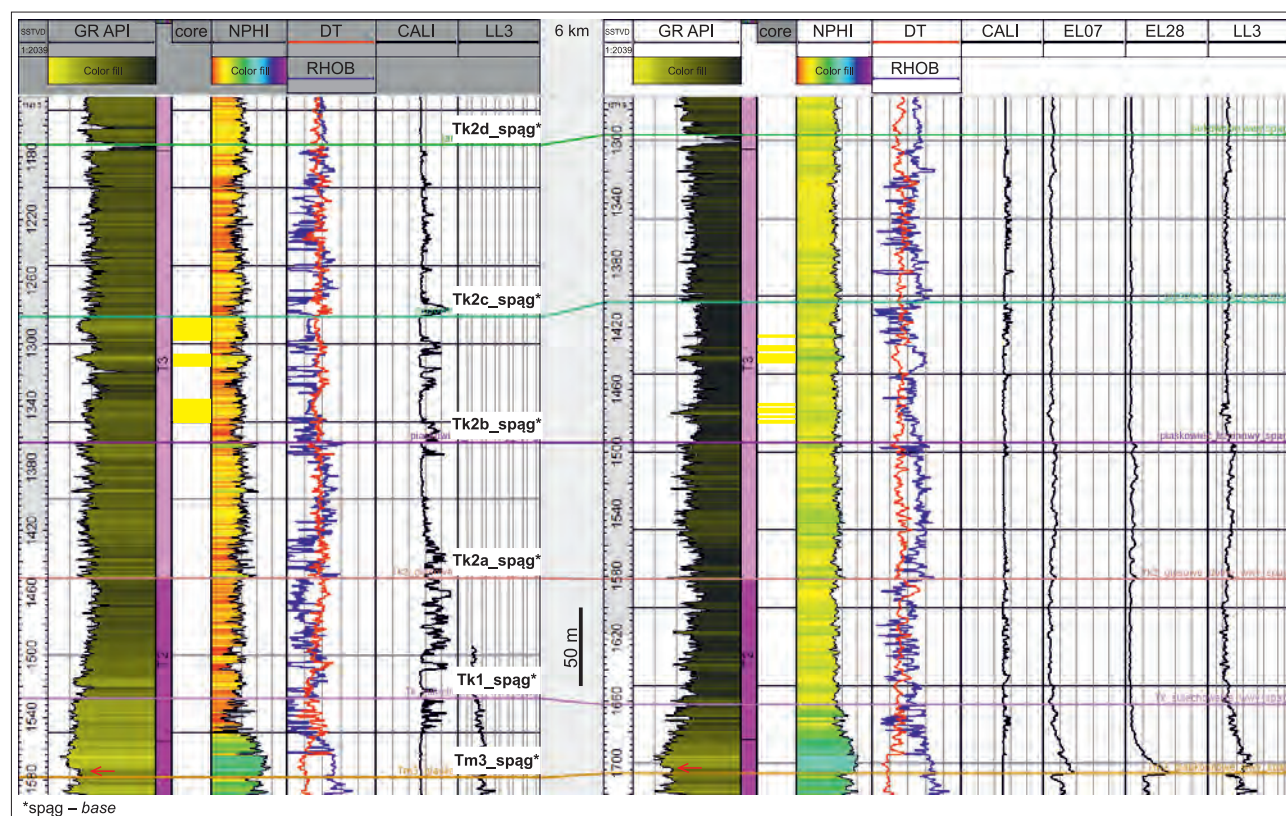
Fig. 4. Example of the correlation of the uppermost Buntsandstein, Muschelkalk, and the lowermost Keuper lithostratigraphic horizons. Dashed line – base of the carbonate succession of the Muschelkalk (wavy beds); red arrow – characteristic trend on the resistivity logs within the Upper Muschelkalk; black bracket – interval of reduced (below the **Tm2_spag**) and increased (above the **Tm2_spag**) porosity (NPHI curve). EL07, EL28, LL3 – resistivity logs; other logs as in Fig. 3

przez krzywe EL03, EL07 i EL09 (ryc. 4). Poniżej zalega węglanowy kompleks dolnego wapienia muszlowego, który ma bardzo charakterystyczny, mało zmienny zapis na krzywej GR i stabilnie wysokie oporności. Spągowi negatywnej anomalii opornościowej, wyznaczającej horyzont Tm2_spąg, towarzyszy spadek wskazań na krzywej NEGR (= wzrost porowatości na krzywej NPHI). Brak jest natomiast jednoznacznej korelacji ze wskazaniami krzywej GR, które powyżej dyskutowanego horyzontu niekiedy nieznacznie wzrastają (tzw. ilaste GR), a niekiedy pozostają stabilnie niskie (tzw. węglanowe GR). Wiąże się to prawdopodobnie z występowaniem na pograniczu dolnego i środkowego wapienia muszlowego silnie porowatych skał węglanowych. Można zaobserwować dużą lokalną zmienność położenia horyzontu Tm2_spąg, zwłaszcza w zachodniej części obszaru (rejon ograniczony otworami Górzycy, Zielin, Podlesie i Gorzów Wielkopolski). Miąższość skał węglanowych o przypuszczalnie zwiększonej porowatości zwiększa się tu lokalnie, wręcz punktowo (ryc. 4). Wstępna analiza miąższości sugeruje biohermalną genezę tych struktur. Struktury biohermalne, zbudowane częściowo z porowatych wapieni, są znane z pogranicza dolnego i środkowego wapienia muszlowego na Górnym Śląsku (np. Szulc, 2000; Matysik, 2010). Nie można wykluczyć, że porowatość spowodowała wypłukanie części ziarn kalcytowych przez wody meteoryczne (geneza tzw. wapieni piankowych, np. Matysik, 2010; Szulc, 2014).

Horyzont Tm3_spąg jest położony w spągu miąższego przewarstwienia lub kompleksu węglanowego rozpoczynającego górny wapień muszlowy. Jedyne problemy w wyzna-

czeniu tego horyzontu są związane z jego niejednorodnym obrazem na krzywych GR i NEGR/NPHI. Ogólnie za wyznacznik tego horyzontu przyjęto spąg anomalii na krzywej NEGR/NPHI. Bardzo dobrym wyznacznikiem tego horyzontu są również krzywe oporności (ryc. 4). Horyzont jest położony w stropie anomalii niskich oporności, graniczącej z wyraźną anomalią wysokich oporności. Szczególnie precyzyjnie horyzont ten można w taki sposób wyznaczyć na krzywych LLS, LLD i LL3. Na krzywej GR w spągu kompleksu geofizycznego górnego wapienia muszlowego charakterystyczna jest ok. 5-metrowa warstwa o podwyższonym naturalnym promieniowaniu (ryc. 4, 5). Według Gajewskiej (1971, 1979) w tej pozycji można się spodziewać wzbogacenia wapieni w glaukonit, bogaty w potas, który może podwyższać poziom naturalnego promieniowania gamma.

Horyzont Tk1_spąg jest stosunkowo dobrze rozpoznawalny w regionie w stropie najwyższego przewarstwienia węglanowego, kończącego sukcesję częstych przewarstwień węglanowych najwyższej części górnego wapienia muszlowego (Tm3; ryc. 4, 5). Jednoznaczne wyznaczenie tego horyzontu narażać jednak pewnych trudności ze względu na stopniowe facjalne przejście górnego wapienia muszlowego w warstwy sulechowskie kajpru dolnego. Górny wapień muszlowy charakteryzuje się w regionie wyraźnym trendem stopniowego zmniejszania węglanowości w górę profilu. Wydzielenie rozpoczyna warstwa wapieni, które stopniowo są wzbogacane w iłowce w postaci domieszek marglistych lub przewarstwień ilasto-marglistych. Sekwencję tę kończy cienka warstwa z przewagą iłowców, nad którą ponownie



Ryc. 5. Przykład korelacji horyzontów litostratigraficznych najwyższego wapienia muszlowego i kajpru. W obrębie piaskowca trzecinnowego, w kolumnie „core”, zaznaczono na żółto wyinterpretowane warstwy piaskowców. Czerwona strzałka – charakterystyczna pozytywna anomalia na krzywej GR w spągu górnego wapienia muszlowego. Objaśnienia krzywych jak na ryc. 3 i 4

Fig. 5. Example of the correlation of the uppermost Muschelkalk and Keuper lithostratigraphic horizons. Within the Schilfsandstein, interpreted sandstone layers are marked in yellow in the „core” column. Red arrow – characteristic positive anomaly on the GR curve at the base of the Upper Muschelkalk. For explanation of logs see Figs 3 and 4

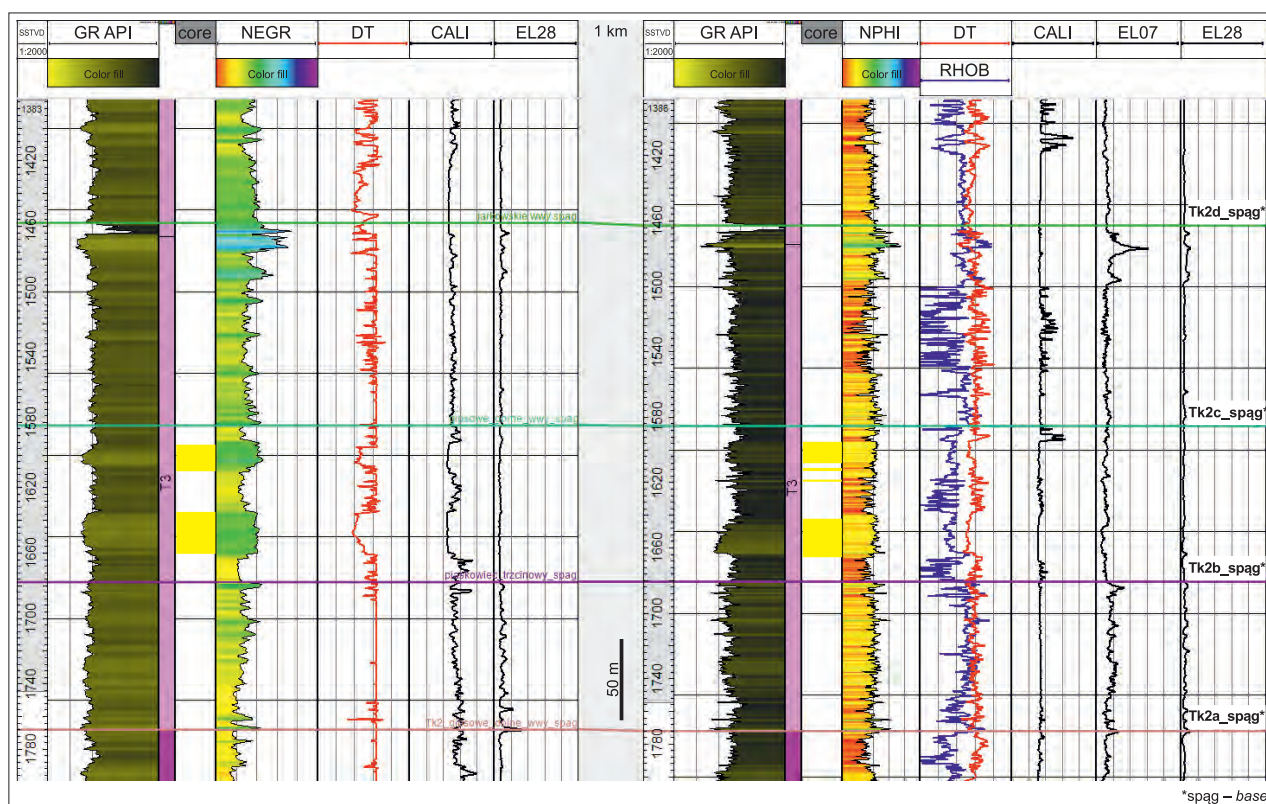
pojawia się kilkometrowy kompleks bogaty w przewarstwienia węglanowe. Strop tego kompleksu jest jednoznaczny z horyzontem Tk1_spąg. Na krzywej GR odpowiada mu strop najwyższej cienkiej negatywnej anomalii w kompleksie górnego wapienia muszlowego oraz towarzyszącej jej cienkiej anomalii na krzywej NEGR/NPHI. Na krzywych oporności horyzont ten kończy trend spadku oporności dominujący w profilu górnego wapienia muszlowego (zwłaszcza na krzywych EL03, EL07, EL 09, LL3, LLS, LLD; ryc. 4, 5). Zrezygnowano z prób definiowania spągu warstw sulechowskich w spągu jakiegokolwiek warstwy piaskowcowej, gdyż piaskowce pojawiają się jedynie bardzo lokalnie w różnych pozycjach w profilu pionowym wydzielenia.

Na potrzeby konstrukcji modelu bloku Gorzowa zdefiniowano kompleks geofizyczny warstw gipsowych dolnych, który w spągu ogranicza horyzont **Tk2a_spąg**, a w stropie – horyzont **Tk2b_spąg**. Spąg kompleksu jest definiowany we wszystkich otworach w spągu pierwszego węglanowego lub siarczanowego przewarstwienia warstw gipsowych dolnych, a strop – w stropie ostatniego takiego wyraźnego przewarstwienia. Sam kompleks jest zbudowany z iłowców i mułowców dolomitycznych lub wapnistych z kongrecjami lub cienkimi przewarstwieniami siarczanów (prawdopodobnie poziomy kongrecji). Taka litologia kompleksu nadaje mu bardzo charakterystyczny zapis na krzywej GR, gdyż powoduje jednolity, niewielki spadek promieniowania w stosunku do sąsiadujących kompleksów drobnoklastycznych (ryc. 5, 6). Dodatkowo przewarstwienia ograniczające kompleks od góry i od dołu charakteryzują się najniższymi wskazaniami w całym kompleksie i towarzyszą im charak-

terystyczne piki na krzywej NEGR/NPHI. Wspomagająco można wyróżnić kompleks o ogólnie nieco zwiększonych wskazaniach na krzywych opornościowych, ograniczony od góry i od dołu dość wyraźnymi pozytywnymi anomaliami (zwłaszcza EL03 i EL07; ryc. 6).

Horyzont **Tk2b_spąg** wyznaczano w opracowywanych otworach albo w spągu litosomu piaskowcowego piaskowca trzcinowego, albo, zwłaszcza w przypadku braku takiego litosomu, właśnie w stropie ostatniego węglanowego lub siarczanowego przewarstwienia warstw gipsowych dolnych. Dwa kryteria rozpoznawania tego horyzontu powodowały artefakty w dalszych analizach. Zrezygnowano z próby zdefiniowania horyzontu Tk2b_spąg w spągu jakiegokolwiek warstwy piaskowcowej, gdyż wykształcenie piaskowców i ich położenie w obrębie wydzielenia jest uzależnione od lokalizacji otworu (ryc. 5), co jest zrozumiałe w przypadku fluwialnych piaskowców, zwłaszcza facji korytovej (Gajewska, 1997; Szulc, 2000; Feldman-Olszewska, 2014b).

Horyzont **Tk2c_spąg** jest trudno rozpoznawalny na krzywych karotażowych ze względu na brak jego jednoznacznej definicji. W materiałach źródłowych dla stratygrafii analizowanych otworów stosowano dwa sposoby jego wyznaczania – w stropie kompleksu piaskowcowego wydzielenia piaskowiec trzcinowy (Tk2b) lub w spągu najniższej występującego przewarstwienia węglanowego lub siarczanowego wydzielenia warstw gipsowych górnych. Obie definicje odpowiadają horyzontom bardzo zależnym od lateralnych zmian facjalnych. Z tego względu niniejszą korelację przeprowadzono na nowo zdefiniowanym horyzoncie, który tworzy spąg kompleksu geofizycznego warstw gipsowych



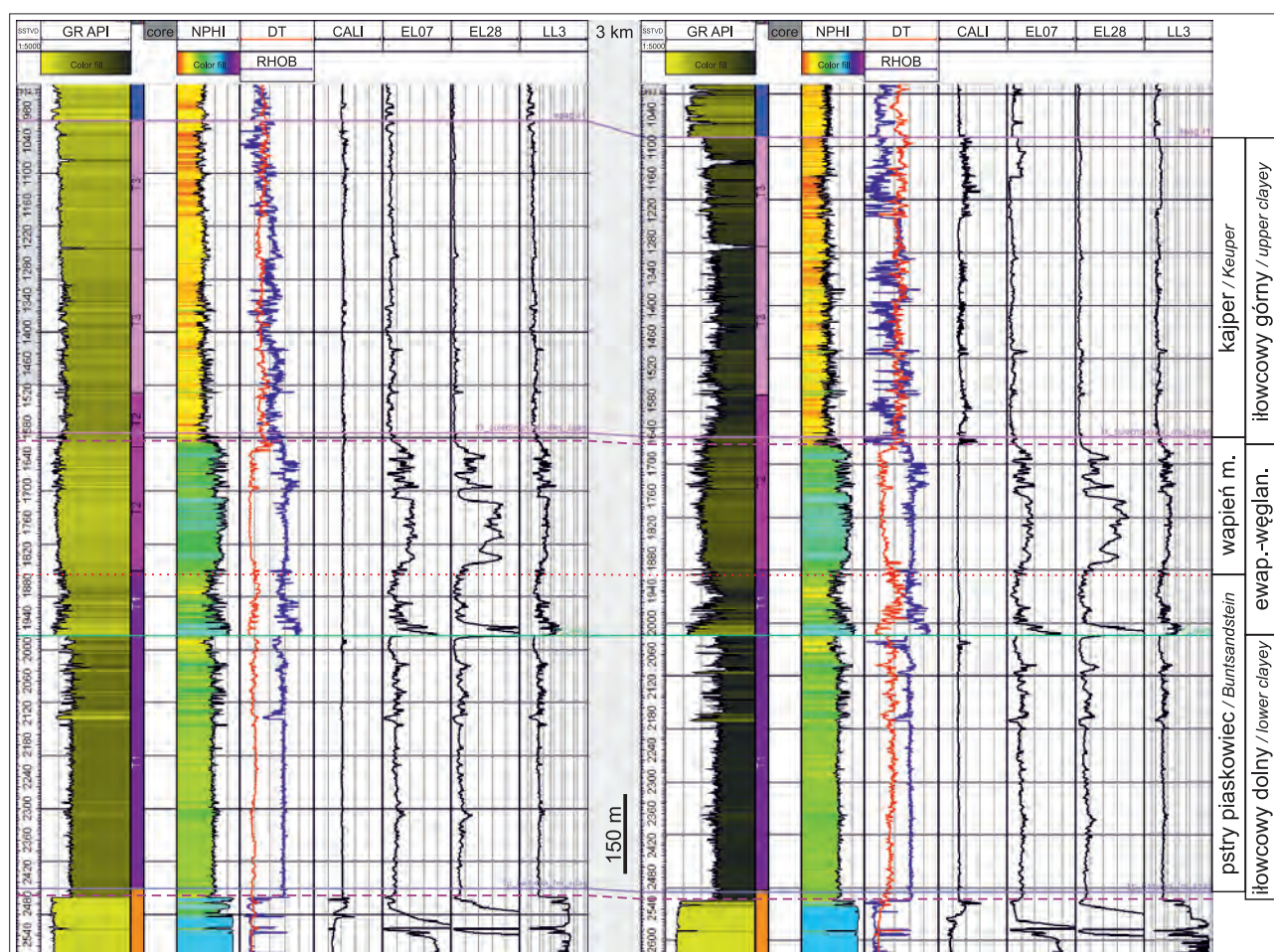
Ryc. 6. Przykład korelacji horyzontów litostratigraficznych środkowego kajpru. W obrębie piaskowca trzcinowego, w kolumnie „core” zaznaczono na żółto wyinterpretowane warstwy piaskowców. Szczególnie dobrze czytelne anomalie karotażowe w obrębie szarych iłowców z anhydrytem stropowym w stropie warstw gipsowych górnych. NEGR – profilowanie neutronowe (neutron-gamma); pozostałe objaśnienia krzywych jak na ryc. 3 i 4

Fig. 6. Example of the correlation of the Middle Keuper lithostratigraphic horizons. Within the Schilfsandstein, the interpreted sandstone layers are marked in yellow in the “core” column. Particularly well-readable log-anomalies are within the topmost part of the Upper Gypsum Beds. NEGR – neutron log (neutron-gamma log); for further explanation of logs see Figs 3 and 4

górnym, a zarazem strop kompleksu geofizycznego piaskowca trzcinowego. Zdefiniowano go w stropie piaskowców piaskowca trzcinowego lub w stropie mułowców o podwyższonych wskazaniach GR, w które piaskowce te przechodzą obocznie w omawianym regionie (ryc. 5, 6 – piaskowce na rycinach zaznaczono na żółto w kolumnie „core”). Granicę w stropie piaskowców wyznacza strop blokowej negatywnej anomalii GR (ryc. 5 – lewy otwór). Zwykle piaskowcom towarzyszy również blokowy spadek wskazań krzywej profilowania akustycznego (DT) i spadek średnicy otworu (CALI, ryc. 5 – lewy otwór). Niekiedy strop piaskowców, wyznaczających granicę między Tk2b a Tk2c, wskazuje strop blokowej negatywnej anomalii krzywych opornościowych (zwłaszcza EL03, EL07, EL09, LL3, LLS i LLD) oraz niewielka blokowa anomalia na krzywej neutronowej. Anomalia na krzywej GR często są niezbyt czytelne, gdyż poziom promieniowania jest tylko w niewielkim stopniu niższy niż dla iłowców i mułowców. Spowodowane jest to prawdopodobnie składem mineralogicznym piaskowców (np. udział skałeni) lub obecnością spoiw ilastych, a także dolomityzacji iłowców i mułowców oraz udziałem siarczanów w kompleksach drobnoklastycznych. Kompleks geofizyczny piaskowca trzcinowego składa się często z kilku ławic pia-

skowców rozdzielonych warstwami iłowców i mułowców, które charakteryzują podwyższone wskazania GR w stosunku do iłowców i mułowców warstw gipsowych dolnych i górnych (ryc. 5 – prawy otwór, ryc. 6). Nie zawsze zatem strop Tk2b jest wykształcony w facji piaskowcowej. Wówczas Tk2c_spąg wydzielano nie w stropie piaskowców, lecz w stropie mułowców i iłowców o podwyższonych, charakterystycznych dla Tk2b, wskazaniach GR (ryc. 5 – prawy otwór, ryc. 6).

Horyzont **Tk2d_spąg** jest dobrze rozpoznawalny na krzywych karotażowych ze względu na jego położenie w stropie kompleksu szarych iłowców z anhydrytem stropowym (Gajewska, 1979). Granicę kompleksu geofizycznego zdefiniowano w stropie najsilniejszej dodatniej anomalii na krzywej naturalnego promieniowania gamma (GR) w kompleksie skał iłowcowo-anhydrytowych pogranicza warstw gipsowych górnych i warstw jarkowskich, nie niżej niż w stropie towarzyszącej im dodatniej anomalii na krzywej NEGR (= spadek porowatości na krzywej NPHI) oraz nie niżej niż w stropie dodatniej anomalii na krzywych opornościowych (zwłaszcza EL03, EL07, EL09; ryc. 6). Niekiedy nie występuje charakterystyczny dodatni pik GR. Wówczas horyzont Tk2d_spąg wyznacza najwyższy punkt obniżonego GR, typowego dla anhydrytów.



Ryc. 7. Podział sukcesji triasu w rejonie bloku Gorzowa na trzy podstawowe interwały litologiczne w wersji tradycyjnych grup oraz proponowanej modyfikacji. Linie przerywane – proponowane dalsze korekty granic litostratygraficznych (jeszcze nie wprowadzone w dyskusowaną weryfikacji); linia kropkowana – obecny spąg dolnego wapienia muszlowego; wapień m. – wapień muszlowy, ewap.-węglan. – ewaporatowo-węglanowy. Objaśnienia krzywych jak na ryc. 3 i 4

Fig. 7. Division of the Triassic succession in the Gorzów Block area into three basic lithological intervals in the traditional lithostratigraphic groups, and the proposed modification. Dashed lines – proposed further corrections to lithostratigraphic boundaries (not yet implemented in the discussed revision); dotted line – present-day Lower Muschelkalk base; wapień m. – Muschelkalk, ewap.-węglan. – evaporite-carbonate. For explanation of logs see Figs 3 and 4

WNIOSKI

W profilu triasu rejonu bloku Gorzowa wyróżniają się trzy wyraźnie odmienne litologicznie interwały – dolny iłowcowy (formacja bałtycka, formacja pomorska, formacja połączńska *sensu* Feldman-Olszewska, 2014a), środkowy ewaporatowo-węglanowy (formacja retu, wapień muszlowy, bez najwyższej części przejściowej do kajpru) oraz górny iłowcowy (od warstw sulechowskich po warstwy wielichowskie, czyli cały kajper *sensu* Wagner, 2008 i Becker i in., 2026). Interwały te jedynie po części mają odzwierciedlenie w stosowanym podziale na pstry piaskowiec, wapień muszlowy i kajper, które są uznawane za jednostki w randze grup (ryc. 7; Bachmann i in., 2010; Becker i in., 2026).

Na pograniczu cechsztynu i pstrego piaskowca granica jednostek litostratygraficznych powinna być stawiana w stropie ewaporatów cechsztynu, tworzących bardzo wyraźny horyzont w zapisie karotażowym (ryc. 7).

Należałoby zrezygnować ze stawiania granic litostratygraficznych w stropach lub spągach ciał piaskowcowych o genezie fluwialnej, ze względu na ich naturalną bardzo dużą lokalną zmienność. Dotyczy to warstw sulechowskich kajpru dolnego, piaskowca trzcinowego i warstw wielichowskich. Bardziej wskazanym byłoby wydzielanie litosomów piaskowcowych jako ogniw litostratygraficznych w obrębie większych jednostek. Powszechne występowanie poziomu piaskowcowego w spągu środkowego pstrego piaskowca w regionie świadczy o jego odmiennej architekturze depozycyjnej i genezie (por. Becker, 2025).

Litostratygrafia triasu wymaga znaczącego unowocześnienia, zwłaszcza pod kątem możliwości kartowania jednostek w profilach otworów bezrdzeniowych czy z bardzo niewielkim stopniem rdzeniowania. Należałoby rozważyć uzupełnianie opisu granic litostratygraficznych o ich precyzyjną charakterystykę karotażową (oprócz definicji *stricto* litologicznych) i wprowadzenie tej zasady do wytycznych formalizacyjnych (patrz Narkiewicz, Racki, 2006).

Prace zostały wykonane w ramach zadania państwowej służby geologicznej pn. *Trójwymiarowy, cyfrowy model pokrywy osadowej bloku Gorzowa*, sfinansowanego ze środków Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej (poz. pl. 22.2609.1501.00.1). Autorka składa podziękowania firmie Orlen S.A. za zgodę na opublikowanie danych udostępnionych na potrzeby projektu. Wyrazy wdzięczności autorka kieruje do Pani dr Anny Feldman-Olszewskiej za wnikliwą recenzję i cenne uwagi, które pozwoliły ulepszyć pierwotną wersję manuskryptu.

LITERATURA

BACHMANN G.H., GELUK M.C., WARRINGTON G., BECKER-ROMAN A., BEUTLER G., HAGDORN H., HOUNSLOW M.W., NITSCH E., RÖHLING H.-G., SIMON T., SZULC A. 2010 – Triassic. [W:] Doornenbal J.C., Stevenson A.G. (red.), Petroleum Geological Atlas of the Southern Permian Basin Area. EAGE Publications b.v., Houten: 149–173.
BECKER A. 2005 – Sequenzstratigraphie und Fazies des Unteren und Mittleren Buntsandsteins im östlichen Teil des Germanischen Beckens (Deutschland, Polen). Hallesches Jahrbuch für Geowissenschaften, Reihe B, Beiheft 21: 1–117.
BECKER A. 2020 – 4. Stratygrafia. 4.4 Trias. [W:] Szynkaruk E. (red.), Trójwymiarowy, cyfrowy model pokrywy osadowej bloku Gorzowa. 4. Opracowanie końcowe: 92–102. Centralne Archiwum Geologiczne Państwowego Instytutu Geologicznego – PIB, Warszawa, nr inw. 9458/2020.
BECKER A. 2025 – Analiza elementów architektury depozycyjnej ogniw piaskowca drawskiego na podstawie wglębnego kartowania litologiczno-miąższościowego w rejonie bloku Gorzowa (NW Polska). Przegląd Geologiczny, 73 (12): 1055–1062; doi: <http://dx.doi.org/10.7306/2025.113>

BECKER A., FIJAŁKOWSKA-MADER A., KOWALSKI A., ZABIELSKI R., ZŁONKIEWICZ Z. 2026 – Trias. [W:] Peryt T.M. (red.), Budowa geologiczna Polski. Tom I. Stratygrafia. Państwowy Instytut Geologiczny – PIB, Warszawa: 403–476.
FELDMAN-OLSZEWSKA A. 2014a – Charakterystyka litologiczno-stratygraficzna utworów dolnego i środkowego pstrego piaskowca oraz stratygrafia sekwencji. Profile Głębokich Otworów Wiertniczych Państwowego Instytutu Geologicznego, 141: 141–154.
FELDMAN-OLSZEWSKA A. 2014b – Charakterystyka litologiczno-stratygraficzna i sedimentologiczna utworów kajpru oraz stratygrafia sekwencji. Profile Głębokich Otworów Wiertniczych Państwowego Instytutu Geologicznego, 141: 186–190.
FELDMAN-OLSZEWSKA A. (red.) 2014c – Gorzów Wielkopolski IG 1. Profile Głębokich Otworów Wiertniczych Państwowego Instytutu Geologicznego, 141.
FRANZ M. 2008 – Litho- und Leitflächenstratigraphie, Chronostratigraphie, Zyklus- und Sequenzstratigraphie des Keupers im östlichen Zentraleuropäischen Becken (Deutschland, Polen) und Dänischen Becken (Dänemark, Schweden). Rozprawa doktorska Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, Naturwissenschaftliches Fakultät III, Institut für Geowissenschaften, 198 s. <https://sundoc.bibliothek.uni-halle.de/diss-online/08/09H048/tl.pdf>
GAJEWSKA I. 1971 – Wapień muszlowy w zachodniej Polsce. Kwartalnik Geologiczny, 15 (1): 77–86.
GAJEWSKA I. 1978 – Stratygrafia i rozwój kajpru w północno-zachodniej Polsce. Prace Instytutu Geologicznego, 87: 5–56.
GAJEWSKA I. 1979 – Wapień muszlowy i kajper. [W:] Jaskowiak-Schoeneich M. (red.), Budowa geologiczna niecki szczecińskiej i bloku Gorzowa. Prace Instytutu Geologicznego, 96: 39–44.
GAJEWSKA I. 1997 – Trias górny. Kajper. Litostratygrafia i litofacje. Sedimentacja, paleogeografia i paleotektonika. [W:] Marek S., Pajchłowa M. (red.), Epikontynentalny perm i mezozoik w Polsce. Prace Państwowego Instytutu Geologicznego, 153: 166–172.
GAJEWSKA I., SZYPERKO-ŚLIWCZYŃSKA A. 1979 – Pstry piaskowiec dolny i środkowy. [W:] Jaskowiak-Schoeneich M. (red.), Budowa geologiczna niecki szczecińskiej i bloku Gorzowa. Prace Instytutu Geologicznego, 96: 25–39.
KĘDZIEŃSKI J. 2002 – Sequenzstratigraphie des Unteren Muschelkalks im östlichen Teil des Germanischen Beckens (Deutschland, Polen). Hallesches Jahrbuch für Geowissenschaften, Reihe B, Beiheft 16: 1–52.
KULIKOWSKI A. 1979 – Pstry piaskowiec górny – ret. [W:] Jaskowiak-Schoeneich M. (red.), Budowa geologiczna niecki szczecińskiej i bloku Gorzowa. Prace Instytutu Geologicznego, 96: 37–39.
MAREK S., PAJCHŁOWA M. (red.) 1997 – Epikontynentalny perm i mezozoik w Polsce. Prace Państwowego Instytutu Geologicznego, 153: 1–452.
MATYSIK M. 2010 – Reefal environments and sedimentary processes of the Anisian Karchowice Beds in Upper Silesia, southern Poland. Annales Societatis Geologorum Poloniae, 80: 123–145.
NARKIEWICZ M., DADLEZ R. 2008 – Geologiczna regionalizacja Polski – zasady ogólne i schemat podziału w planie podkenozoicznym i podpermskim. Przegląd Geologiczny, 56 (5): 391–397.
NARKIEWICZ M., RACKI G. (red.) 2006 – Polskie zasady stratygrafii. Polska Akademia Nauk, Komitet Nauk Geologicznych; Państwowy Instytut Geologiczny, Warszawa, 78 s.
SZULC J. 2000 – Middle Triassic evolution of the northern Peri-Tethys area as influenced by early opening of the Tethys ocean. Annales Societatis Geologorum Poloniae, 70: 1–48.
SZULC J. 2014 – Charakterystyka stratygraficzna, sedimentologiczna i tektoniczna retu i wapienia muszlowego. Profile Głębokich Otworów Wiertniczych Państwowego Instytutu Geologicznego, 141: 173–180.
SZYNKARUK E. (red.) 2020 – Trójwymiarowy, cyfrowy model pokrywy osadowej bloku Gorzowa. 4. Opracowanie końcowe. Centralne Archiwum Geologiczne Państwowego Instytutu Geologicznego – PIB, Warszawa, nr inw. 9458/2020.
SZYPERKO-ŚLIWCZYŃSKA A. 1979 – Trias dolny w północno-wschodniej Polsce. Prace Instytutu Geologicznego, 91: 1–77.
SZYPERKO-TELLER A. 1982 – Litostratygrafia pstrego piaskowca na Pomorzu Zachodnim. Kwartalnik Geologiczny, 26 (2): 341–368.
WAGNER R. 1979 – Cechsztyń. [W:] Jaskowiak-Schoeneich M. (red.), Budowa geologiczna niecki szczecińskiej i bloku Gorzowa. Prace Instytutu Geologicznego, 96: 18–25.
WAGNER R. 1994 – Stratygrafia osadów i rozwój basenu cechsztyńskiego na Niżu Polskim. Prace Państwowego Instytutu Geologicznego, 146: 1–71.
WAGNER R. (red.) 2008 – Tabela stratygraficzna Polski. Państwowy Instytut Geologiczny, Warszawa.
WAGNER R. 2014 – Wyniki badań stratygraficznych cechsztynu. Profile Głębokich Otworów Wiertniczych Państwowego Instytutu Geologicznego, 141: 134.

Praca wpłynęła do redakcji 23.07.2026 r.
Akceptowano do druku 30.07.2026 r.