



# Ocena geologicznych możliwości lokowania kavern magazynowych wodoru w pokładowych wystąpieniach soli kamiennych górnego permu (cechsztyn) w Polsce

## *Geological possibility of hydrogen storage caverns location in the Upper Permian (Zechstein) stratiform rock salts in Poland*

Grzegorz CZAPOWSKI<sup>1</sup>, Radosław TARKOWSKI<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Państwowy Instytut Geologiczny-Państwowy Instytut Badawczy, Warszawa; grzegorz.czapowski@pgi.gov.pl

<sup>2</sup> Instytut Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią PAN; tarkowski@min-pan.krakow.pl

### ABSTRAKT

Podziemne magazynowanie wodoru jest opłacalną i bezpieczną formą magazynowania nośników energii (np. Chromik, 2015, 2016), szczególnie przy fluktuacjach związanych z produkcją energii przez OZE zaś instalacje wykorzystujące ten gaz do produkcji energii są przyjazne środowisku, gdyż źródłem jego pozyskiwania i spalania jest woda. Jednym z optymalnych miejsc takiego magazynowania są kaverny magazynowe, ługowane w grubych warstwach soli kamiennej, budujących wysady solne (np. Czapowski, Tarkowski, 2018; Tarkowski, Czapowski, 2018) oraz wystąpienia pokładowe.

Kaverny magazynowe wodoru, w odróżnieniu od magazynujących np. gaz ziemny, mogą mieć stosunkowo niewielkie wymiary i objętości (np. Chromik, 2018), co pozwala je lokować w obrębie pokładowych wystąpień soli kamiennej. Zaletą pokładów solnych jest ich stosunkowo prosta budowa geologiczna, ułatwiająca ługowanie licznych kavern.

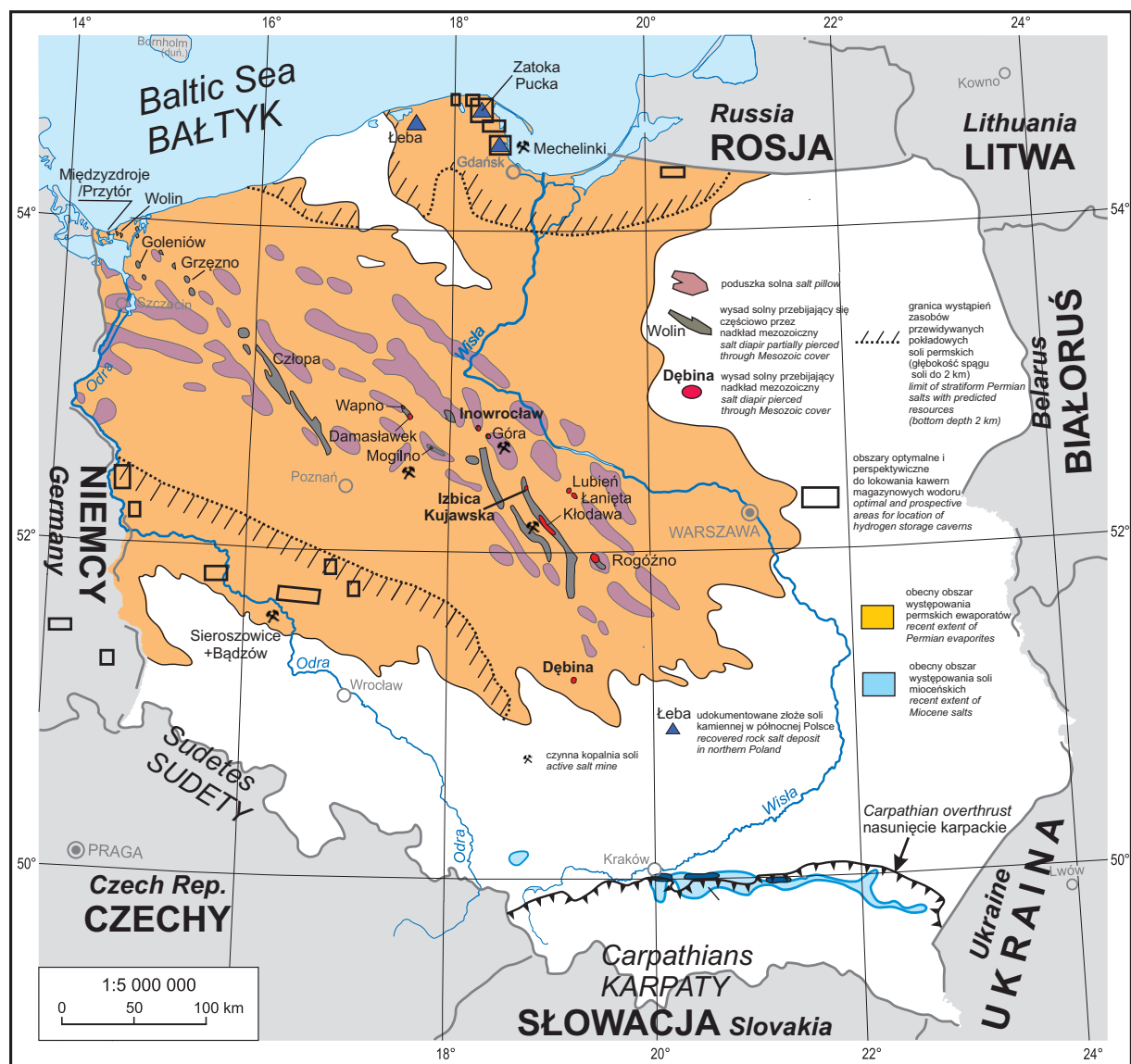
W oparciu o dane dotyczące perspektywicznych wystąpień soli kamiennych górnego permu (cechsztyn) w Polsce (np. Czapowski, 2017; Czapowski, Bukowski, 2015; Czapowski i in., 2015) wskazano w obrębie pokładowych wystąpień soli szereg obszarów i otworów wiertniczych o warunkach optymalnych i perspektywicznych dla ulokowania tam kavern magazynowych wodoru (Ryc. 1). Wyboru dokonano przyjmując następujące podstawowe kryteria geologiczne: dla miejsc optymalnych: miąższość pokładu soli wynosi  $>100$  m

i głębokość występowania stropu pokładu do 1 km, zaś dla miejsc perspektywicznych miąższość pokładu soli to  $>145$  m i głębokość występowania stropu pokładu mieści się w przedziale 1-1,5 km.

Na terenie Polski północnej warunki te spełniają jedynie utwory solne cyklotemu PZ1 cechsztynu, w obrębie których wskazano 5 obszarów optymalnych (w tym 2 obszary obejmujące udokumentowane złoża soli kamiennej: Zatoka Pucka i Mechelinki) oraz jeden obszar perspektywiczny. Ponadto wskazano 17 pojedynczych otworów wiertniczych o parametrach optymalnych pokładu soli oraz dwa otwory perspektywiczne (Tab. 1).

Z kolei na obszarze przedśudeckim w Polsce południowo-zachodniej wymienione warunki geologiczne spełniają utwory solne cyklotemów PZ1, PZ2 i PZ3 cechsztynu (Tab. 1). Dla utworów cyklotemu PZ1 wskazano 4 obszary perspektywiczne, 6 otworów wiertniczych optymalnych i jeden perspektywiczny, dla soli kamiennych cyklotemu PZ2 jedynie 3 otwory o cechach optymalnych i jeden otwór perspektywiczny zaś dla chlorków cyklotemu PZ3 odpowiednio 4 obszary optymalne i 4 obszary perspektywiczne oraz jeden otwór wiertniczy optymalny.

Łącznie wyróżniono w wystąpieniach pokładowych cechsztynskich soli kamiennych różnych cyklotemów w Polsce 9 obszarów optymalnych i 9 obszarów perspektywicznych, sprzyjających lokowaniu kavern magazynowych wodoru oraz 27 rozproszonych otworów optymalnych i 4 otwory perspektywiczne (Tab. 1).



Ryc. 1. Rozmieszczenie obszarów optymalnych i perspektywicznych do lokowania kawern magazynowych wodoru w pokładowych wystąpieniach soli kamiennych w Polsce (wg Czapowski, 2019; zmienione)

Fig. 1. Distribution of optimal-prospective areas for location of hydrogen storage caverns in the stratiform rock salt occurrences in Poland (after Czapowski, 2019; modified)

Tabela 1. Zestawienie ilości obszarów i otworów optymalnych i perspektywicznych do lokowania kawern magazynowych wodoru w pokładowych wystąpieniach górnopermskich (cechsztyn) soli kamiennych w Polsce

Table 1. Number of optimal and prospective areas and boreholes favored location of hydrogen storage caverns in the stratiform Upper Permian (Zechstein) rock salt bodies in Poland

CYKLOTEM <i>Cyclotheme</i>	OBSZAR <i>Area</i>		OTWÓR WIERTNICZY <i>Borehole</i>	
	optymalny <i>optimal</i>	perspektywiczny <i>prospective</i>	optymalny <i>optimal</i>	perspektywiczny <i>prospective</i>
<b>północna Polska/northern Poland</b>				
PZ1	5	1	17	2
<b>południowo-zachodnia Polska/south-western Poland</b>				
PZ1	-	4	6	1
PZ2	-	-	3	1
PZ3	4	4	1	-
<b>SUMA/Total</b>	9	9	27	4

**Słowa kluczowe:** kawernowe magazynowanie wodoru, pokładowe wystąpienia soli kamiennej, cechsztyń, Polska

#### ABSTRACT

Underground hydrogen storage is a profitable and safe form of energy sources storage reacting quickly for fluctuations on the energy market (e.g. Chromik, 2015, 2016), especially in a case of energy produced by the Renewable Energy Sources being non-toxic to the environment because both the gas source and the final product in such installations is water. Salt caverns, leached in thick rock salt complexes of salt diapirs (e.g. Czapowski, Tarkowski, 2018; Tarkowski, Czapowski, 2018) and stratiform salt occurrences are one of recommended optimal form of such gas storage.

Size and volume of hydrogen storage caverns could be smaller (e.g. Chromik, 2018), than of these ones dedicated to natural gas so they may be often located in the stratiform rock salt occurrences. These stratiform salt bodies characterize with a simple geological structure favored leaching of numerous caverns.

Data on the prospective occurrences of Upper Permian (Zechstein) rock salts in Poland (e.g. Czapowski, 2017; Czapowski, Bukowski, 2015; Czapowski et al., 2015) enabled to point out within the stratiform salt bodies several areas and single boreholes in which salts geological parameters are optimal or prospective for location of hydrogen storage caverns (Fig. 1). Assumed geological criteria for such bodies are as follow: for the optimal location a salt body thickness is >100 m and the depth of body top no deeper than 1 km but the prospective sites characterize with a salt body top placed in 1-1.5 km depth interval and its thickness is >145 m.

These criteria are fulfill in the northern Poland area only by the rock salts of Zechstein PZ1 cyclotheme, in which 5 optimal areas (two areas correspond with the documented rock salt deposits Puck Bay and Mechelinki) and single prospective one. Moreover 17 optimal boreholes as well as two prospective wells were indicated (Tab. 1).

In the south-western Poland the rock salts of three Zechstein cyclothemes: PZ1, PZ2 and PZ3 were considered (Tab. 1). In stratiform salt occurrences of PZ1 cyclotheme became shown 4 prospective areas as well as 6 optimal and one prospective boreholes, for salts of PZ2 cyclotheme - 3 optimal boreholes and single prospective one and for the chlorides of

PZ3 cyclotheme – 4 optimal and 4 prospective areas and one optimal borehole.

Concluding, in the Zechstein stratiform rock salt bodies of different age in Poland were distinguished 9 optimal and 9 prospective areas as well as dispersed 27 optimal and 4 prospective boreholes, in which geological parameters of these rocks favored location of hydrogen storage caverns (Tab. 1).

**Key words:** hydrogen cavern storage, stratiform rock salts, Zechstein, Poland

#### LITERATURA

- CHROMIK M., 2015. Możliwości magazynowania energii elektrycznej w soli kamiennej w postaci wodoru w regionie nadbałtyckim. *Przegląd Solny*, 11: 44-50.
- CHROMIK M., 2016. Koncepcja magazynowania nadwyżek energii elektrycznej w postaci wodoru w kawernach w złożach soli kamiennej w Polsce – wstępne informacje. *Przegląd Solny*, 12: 11-18.
- CHROMIK M., 2018. Koncepcja magazynowania nadwyżek energii elektrycznej w postaci wodoru w kawernach w złożach soli kamiennej w Polsce – Część górnicza. Tom konferencyjny: XXII Międzynarodowe Sympozjum Solne QUO VADIS SAL pt. Sól skarbem Kujaw i Wielkopolski, Kopalnia Soli Kłodawa - Uniejów, 10-13. X 2018: 20-22.
- CZAPOWSKI G., 2017. Potencjał zasobowy soli kamiennej i soli potasowo-magnezowych obszaru przedsudeckiego. *Biuletyn Państwowego Instytutu Geologicznego*, 469: 105-128.
- CZAPOWSKI G., 2019. Rola Państwowego Instytutu Geologicznego w badaniach genezy i określeniu wielkości polskich zasobów solnych po II wojnie Światowej. *Prz. Geol.*, 67 (4): 441-451.
- CZAPOWSKI G., BUKOWSKI K., 2015. Mapy wystąpień zasobów perspektywicznych soli w Polsce jako narzędzie w projektowaniu przyszłego zagospodarowania złóż kopalni. *Przegląd Solny*, 11: 5-31.
- CZAPOWSKI G., BUKOWSKI K., GAŚIEWICZ A., SADŁOWSKA K., 2015. Obszary perspektywiczne wystąpień i zasoby przewidywane surowców chemicznych Polski na mapach w skali 1:200 000 - sól kamienna, sole potasowo-magnezowe i siarka. *Prz. Geol.*, 63 (9): 561-571.
- CZAPOWSKI G., TARKOWSKI R., 2018. Uwarunkowania geologiczne wybranych wysadów solnych w Polsce i ich przydatność dla budowy kawern do magazynowania wodoru. *Biuletyn PIG*, 472: 53-82.
- TARKOWSKI R., CZAPOWSKI G., 2018. Salt domes in Poland – potential sites for hydrogen storage in caverns. *International Journal of Hydrogen Energy*, 43: 21414-21427.