

Autoreferat

1. Imię i nazwisko:

Grzegorz Czapowski

2. Posiadane dyplomy, stopnie naukowe

a) praca magisterska pt. Charakterystyka litologiczno-sedymencyjna piasków mioceńskich doliny Opatówki; Wydział Geologii Uniwersytetu Warszawskiego, Warszawa 1973 r.

b) praca doktorska pt. Geneza najstarszej soli kamienne cechsztynu w rejonie Zatoki Puckiej. Studium sedymologiczne; Państwowy Instytut Geologiczny, Warszawa 1998 r.

3. Informacje o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych:

a) lata 1976-1979 : Wydział Geologii Uniwersytetu Warszawskiego

b) lata 1979 do dziś: Instytut Geologiczny, obecnie Państwowy Instytut Geologiczny Państwowy Instytut Badawczy, Warszawa

4. Na podstawie art. 16 ust. 2 ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. nr 65, poz. 595 ze zm.) jako osiągnięcie naukowe przedstawiam cykl dwudziestu siedmiu publikacji (patrz: Zał. 3A, I.B nr od 1 do 27; Zał. 7; wyłuszczone prace cytowane w tekście poniżej z moim udziałem [%] w ich przygotowaniu) pod zbiorczym tytułem:

Utwory i złoża solne Polski: geologia i geneza, zasoby oraz możliwości ich wykorzystania

Od momentu ukończenia studiów na Wydziale Geologii Uniwersytetu Warszawskiego (1973) specjalizowałem się w sedymologii kopalnych i współczesnych osadów klastycznych. Nabyte doświadczenie wykorzystałem rozpoczynając od 1982 r. badania kopalnych osadów solnych, bazujące na bogatych materiałach rdzeniowych i opracowaniach archiwalnych ówczesnego Instytutu Geologicznego (później Państwowego Instytutu Geologicznego). Badania te pozwoliły mi opracować oryginalną metodykę analizy sedymologicznej utworów solnych (m. in. przedstawiono charakterystykę szeregu litofacji solnych, wyróżnionych po raz pierwszy w Polsce w utworach górnego permu), której wyniki zamieściłem w szeregu publikacji. Zwieńczeniem ówczesnego okresu działań była praca doktorska (1998), prezentująca interpretację powstania utworów najstarszej soli kamiennej w ewoluującym basenie ewaporatowym na terenie północnej Polski.

Jestem zwolennikiem poglądu, że badania o charakterze podstawowym powinny - szczególnie w przypadku nauk geologicznych – mieć również wymiar praktyczny. Dlatego moje późniejsze prace (i raportujące ich wyniki publikacje) ukierunkowane były zarówno na (1) lepsze poznanie genezy soli kamiennych i innych typów utworów solnych (np. zubry i sole potasowo-magnezowe dewonu i permu, zubry neogenu) poprzez wykorzystanie możliwości interpretacyjnych wypracowanej metodyki jak i (2) praktyczne wykorzystanie wiedzy o warunkach występowania

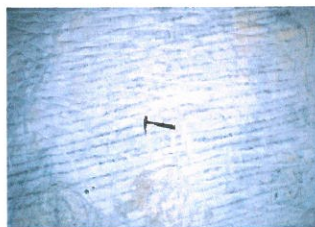
formacji solnych dla oszacowania zasobów soli oraz wskazania możliwości i formy ich zagospodarowania.

Dokonania w tych dziedzinach ujmuję w trzy grupy tematyczne:

- A) *Geologia i geneza utworów i złóż solnych w Polsce* – 16 prac przedstawiających wyniki badań o charakterze podstawowym, powiększające stan wiedzy o geologii i powstaniu krajowych wystąpień soli,
- B) *Zasoby utworów i złóż solnych w Polsce* – 6 prac prezentujących aktualny stan wiedzy o krajowych zasobach soli,
- C) *Możliwości wykorzystania zasobów utworów i złóż solnych w Polsce* – 5 prac przedstawiających ocenę różnych możliwości zagospodarowania krajowych wystąpień soli.

Należy tu podkreślić, że wnioski o znaczeniu poznawczym zaprezentowane w niektórych pracach mają też wydźwięk praktyczny, stąd też interdyscyplinarny charakter tych publikacji i nieco subiektywne przypisanie ich określonej grupie tematycznej. Badania prowadzone na różnorodnym materiale geologicznym (rdzenie wiertnicze, wyrobiska kopalniane) z wykorzystaniem różnych metod analitycznych, wymagały współpracy z wieloma specjalistami, stąd też zwykle liczne grono współautorów zgłoszonych publikacji. Jestem zwolennikiem szerokiej współpracy różnych specjalistów wychodząc z założenia, że owocuje ona większą ilością informacji i lepiej rozwiązuje problem badawczy (szczególnie w przypadku tak skomplikowanego przedmiotu badań, jakim są ewaporaty), niż prace pojedynczego autora. Znaczący udział w moim dorobku naukowym stanowią publikacje w periodykach krajowych, co umożliwiło zapoznanie się z najnowszymi poglądami i interpretacjami w problematyce solnej szerszej grupie odbiorców, szczególnie tych związanych z wydobywaniem soli (górnicy i geolodzy zakładów górniczych), którzy mają zwykle ograniczone możliwości korzystania z literatury zagranicznej.

Mój dorobek naukowy po doktoracie (1998 r.) do chwili obecnej obejmuje: autorstwo i współautorstwo: 59 artykułów i rozdziałów w monografiach naukowych, 97 wystąpień naukowych (referaty i postery) z publikowanymi abstraktami, 6 publikacji o charakterze popularyzatorskim oraz 41 ekspertyz i opracowań archiwalnych (patrz – **Wykaz publikacji i osiągnięć...**, Zał. 3). Ponadto jestem autorem 37 recenzji publikacji w naukowych periodykach krajowych i zagranicznych, uczestniczyłem w realizacji 5 krajowych grantów i współorganizowałem 5 krajowych i międzynarodowych konferencji naukowych (*op. cit.*)



GRUPA TEMATYCZNA A. Geologia i geneza utworów i złóż solnych w Polsce

Na tę grupę tematyczną składa się 16 prac, opublikowanych w latach 2001-2013 (w zestawieniu zbiorczym [Zał. 7] oznaczonych jako pozycje od A1 do A16).

Zaprezentowane w przedstawionych pracach wyniki badań i analiz odnoszą się do trzech głównych problemów:

- 1) wykształcenia litologicznego i facjalnego oraz rozwoju sedimentacji utworów solnych górnego permu (cechsztynu – prace od poz. A1 do A7) i miocenu (prace oznaczone jako poz. A8 i A9),
- 2) znaczenia danych o zawartości bromu w utworach solnych w interpretacji ich genezy i wykorzystania jako markera stratygraficznego (prace od poz. A10 do A13),
- 3) możliwości budowy modelu 3D struktur solnych (prace oznaczone jako poz. A14 i A15) oraz relacjami pomiędzy występowaniem wysadów solnych a złożami węgla brunatnego (poz. A16).

Pierwsze siedem omawianych prac prezentuje wyniki moich badań sedimentologiczno-litologicznych ewaporatów głównie cechsztynu (podrzednie – miocenu) w Polsce.

W opublikowanej w 2001 r. pracy pt. **Geochemiczna charakterystyka litofacji różnowiekowych soli kamiennych z obszaru Polski** (Zał. 7, poz. A1; Czapowski G. [50%]) wykorzystałem po raz pierwszy w Polsce opracowaną wcześniej (publikacje przed doktoratem) metodykę wyróżniania kopalnych litofacji solnych (reprezentujących różne środowiska depozycji chlorków) w celu przedstawienia podstawowej charakterystyki geochemicznej litofacji, określonych w różnowiekowych utworach solnych z różnych rejonów Polski. Analizą objęto dostępne interpretacji facjalnej i dysponujące wynikami opróbowania chemicznego (próby bruzdowe i punktowe) profile otworów wiertniczych i wyrobiska podziemne. Materiały te reprezentują utwory trzech najważniejszych systemów ewaporatowych: późny perm (cechsztyn; 215 otworów wiertniczych, 4594 próbki bruzdowe i 727 próbek punktowych), dolny (ret) i górny (kajper) trias (4 otwory wiertnicze, 22 próbki punktowe) oraz środkowy miocen (baden; 12 otworów wiertniczych oraz wyrobiska w 2 kopalniach soli: Wieliczka i Bochnia; 236 próbek bruzdowych i 134 próbki punktowe). Po ogólnym mówieniu występowania i wykształcenia omawianych formacji solonośnych oraz charakterystyce wyróżnianych typów (I do VII) facji solnych (tab. 1) zestawiono (tab. 2-4) przedziały (zawartość maksymalna i minimalna) i uśrednione zawartości składników chemicznych (Na, K, Ca, Mg, Cl, Br, Sr, NaCl, CO₃, SO₄, Fe₂O₃, H₂O, części nierozpuszczalne w wodzie oraz stosunek Br/Cl; większość tych elementów jest standardowo oznaczana dla potrzeb określenia przydatności soli jako surowca chemicznego) w próbkach reprezentujących poszczególne facje z rozróżnieniem ich przynależności wiekowej. Analiza różnic zawartości poszczególnych elementów w różnowiekowych litofacjach wykazała względnie stały udział (pow. 90%) NaCl w większości facji oprócz facji panwi solnej (typ IV) cyklu PZ1 cechsztynu (34%) i solnej równi mułowej (typ VII) wieku badeńskiego (kilka %). Udział potasu w litofacjach jest generalnie niski (do 0,3%) sporadycznie wzrasta (podobnie jak udział magnezu) w cechsztyńskich osadach laguny i panwi solnej (typy III i IV) oraz otwartego płytkiego basenu solnego (typ II) cyklu PZ1 cechsztynu (do 9%). W większości facji rejestruje się wyraźny spadek zawartości bromu w kolejnych cyklach cechsztynu (od najstarszego do najmłodszego). Udział siarczanów (i związanego z nimi strontu) jest zmienny w różnowiekowych facjach, choć nieco wyższy w utworach lagun i panwi solnych. Podjęto też próbę (tab. 5) przedstawienia geochemicznej charakterystyki omawianych facji jako narzędzia do ich wyróżniania w oparciu o skrajne i uśrednione wartości wymienionych składników. Ze względu na różnorodność czynników, wpływających na formowanie się poszczególnych facji, nie jest możliwe określenie w sposób jednoznaczny zestawu wartości udziału poszczególnych elementów chemicznych, charakterystycznego dla danej litofacji, i wykorzystanie ich jako narzędzia wyróżniającego daną fację; jedynie wskazano pewne prawidłowości w ich

zawartości. Solne facje basenowe cechuje względnie stała zawartość jonów i związków oraz dość jednorodne wykształcenie litologiczne, stąd utwory te stanowią kopalinę o korzystnych własnościach surowcowych. Bardziej zmienna litologia i skład chemiczny osadów płytkowodnych (laguny i panwi solnej, płyczn solno-siarczanowych) i brzegowych (równia solno-mułowa) obniżają ich przydatność surowcową.

Opublikowana w 2005 r. praca pt. **Różowa sól kamienna do produkcji galanteryjnych wyrobów solnych – geologiczne warunki występowania, własności i metody pozyskania w kopalni soli „KŁODAWA”** (Zał. 7, poz. A2; Czapowski G. [40%]) po raz pierwszy kompleksowo omawia warunki występowania, wykształcenie i sposób eksploatacji tzw. soli różowej cechsztynu w kłodawskim wysadzie solnym (fig. 1-4). Moim udziałem było: określenie pozycji stratygraficznej wystąpień tej soli (tab. 1, z podziałem na ogniwa i ich korelacją z obowiązującymi wydzieleniami litostratygraficznymi cyklu PZ4 cechsztynu i wydzieleniami górnictwymi) oraz opis jej wykształcenia w oparciu o obserwacje makroskopowe i dane archiwalne. Charakterystykę geochemiczną badanej soli (tab. 2-3) przedstawiono w oparciu o wyniki analiz pobranych próbek i dane archiwalne. Wyróżniłem 3 kategorie strukturalne soli różowej (fig. 5-6) o cechach rozróżnialnych makroskopowo (zabarwienie, stopień krystaliczności, ilość, rodzaj sposób występowania domieszek), charakteryzujące się malejącą przydatnością do obróbki mechanicznej (produkcja galanterii solnej). Optymalna odmiana (kategoria I – fig. 5) to sól kamienna równokrystaliczna bezteksturalna o nikłym udziale domieszek ilasto-siarczanowych i równomiernie rozmieszczonym pigmentem hematytowym. Rozstrzygnięcie, czy sól różowa jest utworem wczesnodiagenetycznym czy epigenetycznym (migracja ługów z pigmentem hematytowym w spękany tektonicznie kompleks soli kamiennej podczas formowania się wysadu), wymaga jednak dokładniejszych badań.

Dwie kolejne prace opublikowane w 2009 r. prezentują stratygrafię, wykształcenie, i geochemię utworów cechsztyńskich w trzech otworach wiertniczych wykonanych w wysadzie solnym Góra, oraz interpretację budowy tektonicznej wysadu. W pierwszej pracy pt. **Geochemia bromu i wykształcenie utworów solnych cechsztynu w wybranych otworach wiertniczych w wysadzie solnym Góra koło Inowrocławia** (Zał. 7, poz. A3, Czapowski G. [40%]) przedstawiłem podział litostratygraficzny i wykształcenie utworów ewaporatowych cechsztynu (sole kamienne, sole potasowo-magnezowe i zubry cykli PZ2 i PZ3 – fig. 2 i 4) w oparciu o wyniki profilowania rdzeni z 3 otworów wiertniczych. Tendencje zmian zawartości bromu w tych utworach wykorzystano wraz z obserwacjami makroskopowymi (np. wystąpienia soli wtórnej tzw. kryształowej) do umiejscowienia stref powtórzeń tektonicznych w profilach otworów wiertniczych i wskazania położenia osi wewnętrznych przeładowań w obrębie wydzieli solnych (fig. 5). W drugiej pracy z tegoż roku pt. **Wykształcenie i tektonika utworów solnych cechsztynu w wysadzie solnym Góra koło Inowrocławia w świetle wyników kompleksowych badań geochemiczno-litologicznych w profilach wybranych otworów wiertniczych**. (Zał. 7, poz. A4, Czapowski G. [50%]) wykorzystałem wspomniane wcześniej dane z 2 otworów wiertniczych (G-34 i G-39; ryc. 3 i 4) oraz reinterpretację profilu otworu G-28 do przedstawienia po raz pierwszy próby szczegółowej interpretacji wewnętrznej budowy tektonicznej wysadu solnego Góra. Skonstruowany przekrój geologiczny (ryc. 5), obejmujący z konieczności tylko fragment górnej części wysadu w jego centrum, ukazuje charakter i skalę zaburzeń tektonicznych, charakterystycznych dla diapirowych struktur solnych. W szkicu, ukazującym

przypuszczalną pierwotną budowę górnej części wysadu (ryc. 6A), zinterpretowano szczyt słupa solnego jako fałd obalony ku NE z jądrem zbudowanym z ewaporatów cyklu PZ2, otulonych płaszczem utworów cykli PZ3 i PZ4 częściowo „wciągniętych” w głąb słupa solnego. Późniejsze wynoszenie i erozja usunęły znaczną część tego fałdu i otuliny młodszych ewaporatów pozostawiając słup solny w obecnej formie (ryc. 6B). Przedstawiona interpretacja, ze względu na wycinkowy charakter, jest pewną hipotezą, jednak celem tej publikacji było wykazanie możliwości (i konieczności) interpretacji wewnętrznej budowy wysadowych struktur solnych w Polsce, traktowanej dotychczas dość powierzchownie w opracowaniach regionalnych i dokumentacjach geologicznych szeregu struktur od wielu lat rozpoznawanych (i eksploatowanych) otworowo.

Przygotowana w 2012 r. z mojej inicjatywy publikacja pt. ***Geology, geochemistry and petrological characteristics of potash salt units from PZ2 and PZ3 Zechstein (Late Permian) cycles in Poland*** (Zał. 7, poz. A5, Czapowski G. [45%]) miała na celu przedstawienie odbiorcom zagranicznym po raz pierwszy aktualnego stanu wiedzy o występowaniu, stratygrafii, wykształceniu, geochemii i genezie pierwotnych wystąpień soli potasowych i potasowo-magnezowych (K-Mg) cykli PZ2 i PZ3 cechsztynu w Polsce. Omówiono wystąpienia pokładowe na obszarze przedsudeckim oraz w obrębie 4 wysadów solnych: Kłodawa, Inowrocław, Góra i Mogilno (fig. 1). Synteza ta oparta jest o archiwalne wyniki badań, dane literaturowe i własne obserwacje autorów (profile wyrobisk w wysadzie kłodawskim [fig. 2 i 4] oraz analizę petrologiczną płytek cienkich z wysadów w Kłodawie i Inowrocławiu). Przedstawiono charakterystykę wykształcenia litologicznego, skład chemiczny (tab. 2 i 4) skład mineralny (tab. 3 i 5) oraz cechy petrologiczne odpowiednio obu kompleksów soli K-Mg, wyróżnianych jako starsza (K2) i młodsza (K3) sól potasowa. Uznane za najbardziej reprezentatywne (ze względu ilość danych) utwory starszej soli potasowej (K2) z wysadu w Kłodawie cechuje wyższy udział potasu i magnezu oraz siarczanów wapnia i magnezu (anhydryt, polihalit, kizeryt i epsomit) w stosunku do skał wydzielienia K3. Głównym minerałem potasonośnym jest tu sylwin (minerał wtórny z transformacji karnalitu), w mniejszej ilości występuje karnalit (minerał pierwotny). Maksymalna zawartość bromu w halicie jest wyższa (500 ppm) w wydzielaniu K3 niż w wydzielaniu K2 (300 ppm), stanowiąc dodatkowy element je rozróżniający. Odwrotne proporcje mineralne i chemiczne oraz większe zróżnicowanie petrologiczne charakteryzują osady wydzielienia młodszej soli potasowej (K3), co wskazuje na słabszy stopień ich epigenetycznej przebudowy. Stwierdzono pewne zróżnicowanie składu mineralnego i budowy petrograficznej skał tego samego wieku w różnych wysadach, np. udział karnalitu w wydzielaniu K3 z Kłodawy jest wyższy niż w jego odpowiedniku z Mogilna, odwrotnie zaś przedstawia się udział kizerytu.

Możliwości klimatycznej interpretacji solnych utworów cechsztynu w Polsce w oparciu badania sedymentologiczne i geochemiczne przedstawiłem w publikacji z 2013 r. pt. ***Paleogeographic and palaeoclimate factors of salinity fluctuations in the eastern part of the Late Permian (Zechstein) European Basin: case study from the salt basin in Poland*** (Zał. 7, poz. A6, Czapowski G. [70%]). W pracy tej po raz pierwszy przedstawiono próbę zinterpretowania rejestrowanych tendencji zmian zawartości bromu w solach kamiennych (uznanego wskaźnika stężenia pierwotnych solanek) jako wyrazu fluktuacji warunków klimatycznych (potocznie przyjmuje się, że suchy i gorący klimat warunkuje powstanie ewaporatów). Spadki zawartości bromu w zinterpretowanych facjalnie profilach utworów solnych cykli PZ1, PZ2 i PZ3 cechsztynu z różnych części basenu ewaporacyjnego na obszarze Polski (fig. 2-4)

przypisałem rozcieńczającym solanki wpływom zwiększonej ilości opadów (pora wilgotna), najlepiej zarejestrowanych w utworach facji płytkowodnych (laguny solne i saliny). W osadach bardziej głębokowodnych takie oddziaływanie rejestruje się znacznie słabiej; zaobserwowane w nich podobne zmiany powiązałem z regionalnym wlewaniem się świeżych wód morskich do basenu ewaporacyjnego, wywołanym eustatyczną zmianą poziomu wód oceanu Pantalassa lub tektonicznym poszerzeniem łączących oba zbiorniki cieśnin. Odwrotne zjawisko – gwałtowny wzrost stężenia solanek (wzrost zawartości bromu), poprzedzający spływanie basenu i powstanie soli potasowo-magnezowych (np. sole cyklu PZ2 – fig. 3) – zinterpretowałem jako efekt ograniczenia dopływu wód morskich, zapewne wskutek tektonicznego zawężenia cieśnin. Analizując tendencje zmian w wybranych profilach stwierdziłem, że zwykle w „młodszej” części każdego cyklu ewaporacyjnego następowało zwiększenie się udziału opadów (okres bardziej wilgotny) w stosunku do wcześniej dominujących „bardziej suchych” warunków (okres suchy – fig. 5). Dowodzi to wyraźnych fluktuacji klimatycznych w stosunkowo krótkim okresie osadzania omawianych ewaporatów cechsztynu, szacowanym na maksymalnie 164 tys. lat. Ponadto podczas depozycji soli cykli PZ1 i PZ3 nastąpiły także dwukrotne (PZ1) i trzykrotne (PZ3) regionalne wpływy świeżych wód morskich do basenu salinarnego (efekt eustatycznych wahań poziomu morza), w cyklu PZ2 zaś – wspomniane wcześniej istotne obniżenie poziomu morza, owocujące wkrótce rozwojem facji płytkowodnych z osadzeniem soli potasowo-magnezowych.

Publikacja z 2005 r. zat. *Polyhalite occurrence in the Werra (Zechstein, Upper Permian) Peribaltic Basin of Poland and Russia: evaporite facies constraints* (Zał. 7, poz. A7, Czapowski G. [10%]) omawia warunki występowania i wykształcenie nagromadzeń polihalitowych w utworach cechsztynu (cykl PZ1) na obszarze syneklizy perybałtyckiej (rejon Zatoki Puckiej, obszar kaliningradzki i teren Litwy – fig. 2), bazując na analizie rdzeni wiertniczych z terenu Polski. W pracy tej przedstawiłem zróżnicowanie facjalne utworów solnych (fig. 4, 9-12; tab. 2) w rejonie Zatoki, w obrębie i na kontakcie z którymi występują nagromadzenia polihalitu. Badania geochemiczne (zawartość bromu, magnezu, wapnia i potasu w soli kamiennej – fig. 9-12) i izotopowe (tlen i siarka w siarczanach – fig. 9 i 13, tab. 3 i chloru w solach – tab. 4) oraz sposób rozmieszczenia i petrologia skupień polihalitowych (fig. 5-8) dowodzą, że polihalit jest produktem przemiany anhydrytu (po jego syndepozycyjnej generacji z pierwotnego gipsu) wskutek oddziaływania na osad siarczanowy skoncentrowanych solanek (ewolucja solanek pierwotnych wskutek ewaporacji) lub/i dopływu ługów bogatych w potas i magnez. Ługi te formowały się w płytkich panwiach solnych na terenie platform siarczanowych, które wraz ze stokami były miejscami szczególnie sprzyjającymi procesowi polihalityzacji siarczanów (stwierdzenie to ma duże znaczenie dla podjętych obecnie działań w celu ponownego udokumentowania wystąpień polihalitu w rejonie Zatoki Puckiej). Należy też uwzględnić oddziaływanie bogatych w wapń solanek z rozpuszczania osadów platform i dostaw świeżych solanek morskich. Analogiczny mechanizm powstawania można przyjąć dla wystąpień polihalitu w równowiekowych utworach cechsztynu we wschodniej części syneklizy perybałtyckiej (obszar kaliningradzki i Litwa) ze względu na podobieństwa sukcesji utworów (fig. 3) i ich rozwój na skraju platformy tak jak to miało miejsce na terenie Polski.

Kolejne dwie prace prezentują wyniki moich badań sedymentologicznych badeńskich (środkowy miocen) ewaporatów (tzw. formacja ze Zbudzy) we wschodniej Słowacji (obszar miocenijskiego basenu wschodniosłowackiego). Utwory te są wiekowym odpowiednikiem soli kamiennych występujących w polskiej części

zapadliska przedkarpackiego (formacja z Wieliczki) i powstały w podobnym środowisku. Dlatego informacje o ich wykształceniu i genezie, uzyskane podczas badań porównawczych są przydatne w interpretacji ewaporatów po stronie polskiej. W pracy z 2003 r. pt. ***Badenian evaporitic-clastic succession in the East Slovakian basin (Zbudza FM, the well P-7)*** (Zał. 7, poz. A8, Czapowski G. [30%]) wspólnie z K. Bukowskim przedstawiliśmy wykształcenie, podstawowy skład chemiczny i genezę badeńskich utworów solnych w profilu otworu P-7 (fig. 1). Wydzielono po raz pierwszy w omawianych utworach uwarunkowane genetycznie trzy typy skał solnych: (a) sole grubokrystaliczne i brekcje solne, powstałe w wyniku spływów masowych osadu, (b) drobnokrystaliczne arenity solne, utworzone przez przemieszczane prądami i falowaniem kryształy halitu oraz (c) rytmity solno-ilaste, będące produktem przemennego osadzania zawiesiny ilastej i chemicznego strącania chlorków. Występowanie tych typów w profilu otworu umożliwiło wydzielenie czterech kompleksów litologicznych, będących produktem podwodnych osuwisk i spływów masowych (osady stożków podmorskich) na skłonie i redepozycji osadów z obrzeży basenu ewaporacyjnego (efekt wzmożonej aktywności tektonicznej), przerywanych okresami spokojniejszej akumulacji osadu z zawiesiny i solanki (rytmity) oraz jego przemieszczania przez falowanie lub prądy. Przewarstwienie iłowców z klastami halitowymi (II kompleks) odpowiada okresowi maksymalnego odświeżenia solanek w basenie i dostawy materiału pelitycznego z jego otoczenia. Niska zawartość bromu (6-35 ppm) w halicie (fig. 2) wskazuje na jego powstanie głównie z wtórnych i rozcieńczonych wodami słodkimi solanek.

Kolejna publikacja (2007 r.), zatytułowana: ***Sedimentology and Geochemistry of the Middle Miocene (Badenian) Salt-Bearing Succession from East Slovakian Basin (Zbudza Formation)*** (Zał. 7, poz. A9, Czapowski G. [30%]) nawiązuje w przedmiocie badań do wcześniejszej pracy i jej treścią jest pełna charakterystyka wykształcenia, geochemii oraz interpretacja genezy utworów formacji ze Zbudzy (100-140 m miąższości) w oparciu o nowe dane (przebadane profile 5 kolejnych otworów wiertniczych – fig. 3-4). Wspólnie z K. Bukowskim wyróżniłem i zinterpretowałem 4 typy facjalne (fig. 5) w obrębie utworów solnych: (A) grubokruchowe halityty i brekcje solne (proksymalne osady podmorskich stożków osuwiskowych osadzone z prądów gęstościowych), (B) arenity halitowe laminowane substancją ilastą (dystalne osady podmorskich stożków osuwiskowych oraz osady resedymetowane przez prądy trakcyjne), (C) rytmity zbudowane z warstw drobnokrystalicznego halitu i lamin ilastych (osady chemiczne wytrącone z solanek przydennych i ilaste akumulaty zawieszinowe z rozcieńczonych solanek) oraz (D) warstwy halitu o budowie szewronowej (produkt szybkiego wytrącania halitu ze stężonych solanek w warunkach płytkowodnych). Skonstruowany model depozycji osadów formacji ze Zbudzy (fig. 10) ukazuje wzajemne relacje wyróżnionych facji i podkreśla rolę redepozycji w formowaniu osadów solnych, dotychczas sporadycznie odnotowywaną w literaturze. W oparciu o litologię, dane geochemiczne i karotażowe wyróżniono w profilu formacji ze Zbudzy 5 jednostek (fig. 4), odzwierciedlających tektonicznie warunkowaną cykliczność depozycji ewaporatowej. Cykliczność ta realizowana jest przez rozwój stożków osuwiskowych z redepozycją halitytu i materiału silikoklastycznego z płytkowodnych utworów skłonu i obrzeża zbiornika oraz powtarzalne napływy świeżych wód morskich. Wykształcenie i cechy geochemiczne (skład chemiczny – tab. 1, dane izotopowe – fig. 7 i skład inkluzji fluidalnych w halicie – fig. 8) są podobne jak w równowiekowych utworach formacji z Wieliczki w zapadlisku przedkarpackim, stąd dodatkowe potwierdzenie identycznych mechanizmów depozycji i ich przyczyn w odniesieniu do osadów z terenu Polski.

Problematyce geochemii bromu w utworach solnych cechsztynu w Polsce poświęcono cztery publikacje, których jestem współautorem.

W pracy z 2006 roku pt. **Brom w skałach ilasto-solnych cechsztynu Polski** (Zał. 7, poz. A10, Czapowski G. [30%]) przedstawiono wyniki badań utworów zubrowych (skał ilasto-solnych) cechsztynu w oparciu o materiał rdzeniowy pozyskany z wysadu solnego Mogilno i obserwacje wykonane w wyrobiskach Kopalni Soli „Kłodawa” S.A. w wysadzie kłodawskim. Omówiłem w tej pracy stratyografię i warunki występowania tych utworów w Polsce oraz ich wykształcenie w analizowanych profilach (ryc. 1-3). Praca wykazała konieczność uwzględniania w interpretacjach zawartości bromu (uznanego wskaźnika stopnia stężenia solanek) w solach także zawartości substancji ilastej (minerały ilaste zawierają brom) gdyż istnieje pomiędzy ilością obu składników wyraźna korelacja (ryc. 4). W przypadku skał solnych o wysokim udziale substancji ilastej należy się posługiwać zawartością bromu określaną w wyseparowanych kryształach halitu gdyż dane uzyskane dla uśrednionej próby skały mogą być mylące. Po raz pierwszy też wykazano, że badane utwory wydzielenia zubru brunatnego (Na3t) powstały z bardziej skoncentrowanych solanek (wyższa zawartość bromu) niż młodsze osady zubru czerwonego (Na4t).

Kolejne 3 publikacje prezentują wyniki prowadzonych z mojej i H. Tomassi-Morawiec inicjatywy przez kilka lat badań w celu stworzenia swoistego „markera” geochemicznego (wobec braku znaczników biostratygraficznych), pozwalającego rozróżnić zbliżone wykształceniem sole kamienne cechsztynu, powstałe w różnych cyklach. Praca z 2007 roku zat. **Wzorcowe profile bromowe utworów solnych cechsztynu Polski: sole cyklu PZ2 (Z2) w Kopalni Soli Kłodawa** (Zał. 7, poz. A11, Czapowski G. [35%]) zawiera opracowanie 2 profili sukcesji utworów solnych (wydzielenia Na2, Na2+K2 i K2) cyklu PZ2 cechsztynu w Kopalni Soli „Kłodawa” w wysadzie kłodawskim, przydatnych dla zlustrowania - w oparciu o zmiany zawartości bromu - zmian zasolenia w pierwotnym zbiorniku salinarnym. W publikacji omówiłem stratyografię, warunki występowania i wykształcenie tych utworów (ryc. 1) oraz przedstawiłem wnioski z porównania profili bromowych. Stworzony w oparciu o uzupełniające dane z wysadu solnego Mogilno (otwór wiertniczy M-24) profil zmian zawartości bromu w obrębie wydzielenia starszej soli kamiennej (Na2 – ryc. 2-3) charakteryzuje się niewielkim jego wzrostem w przyspągowej części, następującą powyżej stabilizacją ze słabą tendencją wzrostową ku górze oraz nagłym wzrostem udziału bromu (wzrost stężenia pierwotnych solanek w zbiorniku) w górnej części profilu. Porównanie opracowanego profilu z odpowiednikami z obszaru Holandii i Niemiec (ryc. 4) wskazało na odmienne uwarunkowania osadzania soli cyklu PZ2: zbiornik solny na terenie Holandii był okresowo izolowany (kilkakrotny gwałtowny wzrost stężenia solanek) natomiast na obszarze Niemiec i Polski basen salinarny miał przez znaczną część trwania cyklu zagwarantowany stały dopływ wód morskich (względna równowaga zasilanie/ewaporacja). Większe oddalenie terenu Polski od cieśnin zasilających wodami z oceanu spowodowało tu wcześniejszy niż w Niemczech wzrost stężeń solanek.

Kolejna publikacja z 2008 r. pt. **Wzorcowe profile bromowe cechsztyńskich solach kamiennych w Polsce i w Niemczech na przykładzie kopalni soli w Kłodawie i w Görleben** (Zał. 7, poz. A12, Czapowski G. [35%]) uwzględnia dane zawarte w poprzedniej pracy odnośnie soli cyklu PZ2 cechsztynu i prezentuje zapis bromowy dla soli cyklu PZ3 w oparciu o reprezentatywne profile tych utworów z wysadu kłodawskiego i wysadu Görleben w Niemczech. W publikacji tej - podobnie jak w poprzedniej - omówiłem stratyografię (tab. 1B), warunki występowania i wykształcenie utworów solnych (wydzielenia Na3 i K3) cyklu PZ3. Porównanie zmian

zawartości bromu w tych utworach w Polsce i Niemczech wykazało znaczne różnice (ryc. 4-5): profil z Niemiec rejestruje częste momenty rozcieńczeń solanek (spadek udziału bromu), skutkujące depozycją siarczanów, w przypadku zbadanego profilu z wysadu kłodawskiego takie zjawiska zaznaczały się tylko na początku depozycji soli, później ewaporacja zdominowała sedymentację, prowadząc do wysokiej koncentracji roztworów.

Ostatnia praca, wydana następnym roku (2009) pt. **Wzorcowe profile bromowe dla solnych utworów cechsztynu w Polsce** (Zał. 7, poz. A13, Czapowski G. [35%]), prezentuje podsumowanie wykonanych badań nad konstrukcją wzorowych profili zapisu udziału bromu w solach kamiennych cechsztynu w Polsce (cykle od PZ1 do PZ4). Wykorzystano w niej wcześniej opublikowane (sole cykli PZ2 i PZ3) oraz ponownie zinterpretowane (sole cyklu PZ1; dane dla 80 otworów wiertniczych z rejonu Zatoki Puckiej, 47 otworów z obszaru LGOM i 14 otworów z obszaru perykliny Żar i SW części monokliny przedsudeckiej) i nowe dane (sole cyklu PZ4; 2 profile wyrobisk z wysadu kłodawskiego). Podobnie jak we wcześniejszych publikacjach mój udział polegał na: (a) wytypowaniu reprezentatywnych profili utworów solnych poszczególnych cykli cechsztynu z różnych obszarów w obrębie zbiornika permskiego w Polsce, (b) określeniu ich pozycji stratygraficznej i warunków występowania (ryc. 1-4, 7, 11, 15), (c) opisie wykształcenia (ryc. 8, 12, 17-18; fot. 1-5) i genezy oraz na (d) współudziale w interpretacji zapisu bromowego. Zaproponowane wzorcowe profile zapisu udziału bromu w solach cyklu PZ1 dla południowej i północnej części Polski (ryc. 6) oraz PZ2 (ryc. 10), PZ3 (ryc. 14) i PZ4 (ryc. 16) dla jej centrum różnią się pomiędzy sobą tendencjami zmian. Profil bromowy dla soli cyklu PZ1 (wydzielenie Na1 – ryc. 6) cechuje początkowy stopniowy wzrost a następnie dłuższy okres względnej stabilizacji stężenia solanek, zaś u schyłku cyklu zaznaczyły się szybkie fluktuacje stężeń. Rejestrowana lokalnie (SW Polska) bardzo niska zawartość bromu w halicie sugeruje recykling osadów solnych. Zapis bromowy dla soli kamiennych cyklu PZ2 (ryc. 10) cechuje trójdzielność, z długim dolnym odcinkiem powolnego wzrostu udziału bromu, następnie nagłym jego wzrostem i krótkim przedziałem wysokiej zawartości (odpowiadającym wysokiemu stężeniu solanek), zwieńczonych dłuższym odcinkiem szybkich zmian zasolenia (spadki i wzrosty zawartości bromu). W przypadku soli kamiennej cyklu PZ3 (ryc. 14) następuje początkowy szybki wzrost zawartości bromu (wzrost zasolenia), utrzymujący się z pewnymi wahaniami aż do powstania serii soli potasowo-magnezowych (wydzielenie K3). Przykrywające te sole utwory młodszej soli kamiennej górnej (Na3b) charakteryzuje stopniowy spadek stężeń macierzystych solanek (spadek udziału bromu). Odcinki zapisu wysokich stężeń w obu cyklach sugerują pewną izolację basenu ewaporacyjnego, owocującą powstaniem soli K-Mg. W przypadku soli kamiennych cyklu PZ4 (ryc. 16) po szybki wzroście udziału bromu w spągowej części profilu następuje względna jego stabilizacja z mniejszymi wahaniami i tendencją spadku w części stropowej. Wyższe przedziały zawartości bromu dla soli cykli PZ2 i PZ3 w stosunku do cykli PZ1 i PZ4 (tab. 10) wskazują na generalnie wyższe stężenia solanek chlorkowych w odpowiadających tym cyklom basenach ewaporacyjnych. Czynnikiem odróżniającym zubożone cykle PZ3 i PZ4 (ryc. 17-18) przy zbliżonym wykształceniu jest wyższy ogólnie udział bromu w tych pierwszych. Opracowane wzorcowe profile bromowe mogą być pomocne w określeniu wieku podobnie wykształconych utworów solnych i wskazaniu możliwych w ich obrębie powtórzeń tektonicznych np. w profilach z wysadu solnego Góra (patrz – zał. 7, poz. A3).

Następne dwie publikacje, których jestem inicjatorem i współautorem, zajmują się problematyką modelowania budowy geologicznej wystąpień solnych

W pierwszej pracy z 2007 roku pt. **Metodyka modelowania przestrzennego budowy geologicznej osadowych złóż pokładowych na przykładzie cechsztyńskiego złoża soli kamiennej „Mechelinki” nad Zatoką Pucką** (Zał. 7, poz. A14, Czapowski G. [38%]) przedstawiono po raz pierwszy korzyści, płynące z konstrukcji cyfrowego modelu 3D złoża osadowego kopaliny. Dla zilustrowania wybrano pokładowe złożo soli kamiennej „Mechelinki” nad Zatoką Pucką (ryc. 1), dla którego omówiłem podstawy budowy geologicznej (ryc. 2) i genezę utworów solnych. Przygotowałem też założenia konstrukcji bazy danych modelu (ryc. 3) i zweryfikowałem uzyskane modele 3D różnych parametrów złoża (ryc. 4-6). W oparciu o te modele możliwe było po raz pierwszy w odniesieniu do złoża soli przestrzenne przedstawienie rozmieszczenia różnych jego komponentów i cech np. kompleksów litologicznych (ryc. 4), typów facjalnych soli (ryc. 5) i serii solnych o określonym udziale składników chemicznych (ryc. 6). Takie modele pozwalają wskazać górnikom w obrębie danego złoża strefy o parametrach najbardziej korzystnych dla eksploatacji soli lub innej formy zagospodarowania złoża (w omawianym złożu jest obecnie budowany podziemny kawernowy magazyn gazu Kosakowo).

Druga publikacja (2008 r.) pt. **Informatyczny system rejestracji zagrożeń wodnych w Kopalni Soli Kłodawa w Kłodawskim Wysadzie Solnym (Centralna Polska)** (Zał. 7, poz. A15, Czapowski G. [20%]) prezentuje założenia do stworzenia modelu cyfrowego 3D budowy geologicznej wysadu kłodawskiego w celu wizualizacji zarejestrowanych w nim zagrożeń wodnych. Podobnie jak w pracy poprzedniej, przedstawiłem zarys budowy tektonicznej wysadu (ryc. 1), stratygrafię, warunki występowania i wykształcenie utworów cechsztynu budujących wysad oraz przygotowałem założenia konstrukcji bazy danych o stwierdzonych wyciekach (ryc. 2-3). Wykreowane wycinkowe modele 3D budowy fragmentów wysadu ukazują przestrzenne rozmieszczenie wybranych wydzieli solnych na tle infrastruktury wyrobisk kopalni (ryc. 4-6) oraz lokalizację udokumentowanych wycieków (ryc. 7). Dzięki podobnym modelom możliwe jest zarówno wskazanie optymalnych obszarów dalszej eksploatacji górniczej w wysadzie, jak i stref potencjalnych zagrożeń np. wyciekami (poprzez powiązanie ich występowania z określonymi typami litologicznymi czy strefami tektonicznymi).

Z kolei w pracy z 2009 r. pt. **Rola halokinezy w powstawaniu trzeciorzędowych złóż węgla brunatnego na Niżu Polskim** (Zał. 7, poz. A16, Czapowski G. [35%]) omówiono ciekawe związki pomiędzy solnymi strukturami wysadowymi a kenozoicznymi wystąpieniami węgla brunatnego w Polsce. Scharakteryzowałem w niej występowanie cechsztyńskich utworów i struktur solnych, omówiłem parametry szeregu struktur wysadowych na terenie Polski (ryc. 1, tab. 1) oraz wspólnie z J. R. Kasińskim ustaliliśmy powiązania pomiędzy wysadami a lokalizacją i parametrami złożowymi (powierzchnia, zasoby) 77 udokumentowanych złóż i wystąpień węgla brunatnego na Niżu Polskim. Po raz pierwszy stwierdzono, że ponad połowa z nich (41) występuje w obrębie wysadów (wystąpienia nadwysadowe, przywysadowe i ponad strukturami solnymi) oraz pomiędzy wysadami (w obrębie pierwotnych niecek przysolonych rozwiniętych pomiędzy ciągami wysadów). Uwzględniając powierzchnię złoża powiązane z wysadami stanowią >69% wszystkich wystąpień, w odniesieniu zaś do zasobów - >83% rozpatrywanych złóż (ryc. 6, tab. 3). Procesy halotektoniczne (ruchy obniżające i wypiętrzające) oraz subrozja soli i kras w czapach wysadów odgrywały ogromną rolę w formowaniu się

nagromadzeń materii fitogenicznej i ostatecznym powstaniu złoża (wytworzenie odpowiedniej przestrzeni akumulacyjnej lub/i usunięcie przez erozję części zakumulowanych osadów). Wskazano jako perspektywiczne dla poszukiwań złóż węgla brunatnego (oprócz już stwierdzonych wystąpień) otoczenie takich wysadów solnych jak: Damasławek, Inowrocław, Góra, Mogilno, Strzelno, Izbica Kujawska i Kłodawa.



GRUPA TEMATYCZNA B. Zasoby utworów i złóż solnych w Polsce

Kolejną grupę tematyczną reprezentuje sześć powstałych z mojej inicjatywy prac, opublikowanych w latach 2008-2013 (w zestawieniu zbiorczym [Zał. 7] oznaczonych jako pozycje od B1 do B6). Celem tych publikacji było przedstawienie różnym odbiorcom (krajowym i zagranicznym) w syntetycznej formie aktualizowanego - w miarę postępu badań i napływu danych z zakładów górniczych - stanu wiedzy o geologii oraz udokumentowanych i potencjalnych zasobach soli kamiennej i soli potasowo-magnezowych w Polsce.

Praca z 2008 r., zat. **Stopień rozpoznania i perspektywy zagospodarowania cechsztyńskich złóż soli w rejonie Zatoki Gdańskiej** (Zał. 7, poz. B1, Czapowski G. [40%]) ukazuje po raz pierwszy w sposób syntetyczny aktualny stan wiedzy geologicznej na temat wystąpień soli permskiej w rejonie Zatoki Gdańskiej (obszar od Zatoki Puckiej po okolice Łeby) i udokumentowanych złóż (rys. 1). W publikacji przedstawiłem sposób występowania, stratyografię i wykształcenie utworów ewaporatowych cechsztynu (rys. 2-4) na omawianym obszarze oraz historię i stopień rozpoznania wraz zasobami (tab. 1) udokumentowanych tu trzech złóż soli kamiennej i czterech złóż soli potasowo-magnezowych, a także ich główne parametry geologiczne (głębokość występowania stropu pokładu soli, jego miąższość, zawartość składnika użytecznego – tab. 2). Zaakcentowałem zróżnicowanie facjalno-miąższościowe utworów chlorkowych, uwarunkowane sedymentacyjnie i paleobatymetrycznie (bardziej miększe i zawierające mniej domieszek serie solne powstały w obrębie przegłębionych partii zbiornika ewaporacyjnego), wyróżnione zaś przeze mnie 2 typy litologiczne soli: sól „czysta (Na1A) i sól „zanieczyszczona” (z większym udziałem domieszek siarczanowych i substancji ilastej; Na1B) są odmianami facjalnymi, osadzonymi kolejno w stopniowo spływającym się zbiorniku. Omawiając budowę poszczególnych złóż soli kamiennej uzasadniłem (forma pokładowa, grube serie siarczanowe w stropie i spagu soli jako poziomy izolujące, słabe zaangażowanie tektoniczne) ich przydatność do możliwego (złoża Zatoka Pucka i Łeba) i obecnie realizowanego (złoża Mechelinki) zagospodarowania jako magazyny kawernowe i bezpieczne składowiska odpadów. W opisie złóż soli potasowo-magnezowej podkreśliłem związek ich występowania z płycznami siarczanowymi w zbiorniku ewaporacyjnym (rys. 5). Osady tych płyczn uległy częściowej polihalityzacji wskutek syn- i wczesnodiagenetycznej infiltracji ługów bogatych w potas i magnez, powstałych w obrębie panwi solnych formujących się w najpłytszych częściach basenu.

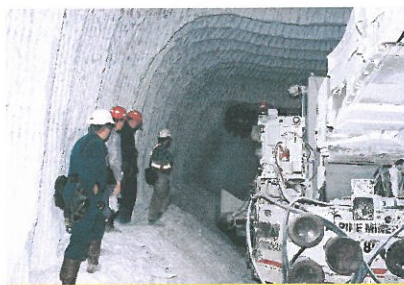
Publikacja z 2008 r. pt. **Aktualny stan rozpoznania geologicznego złóż soli kamiennej w Polsce** (Zał. 7, poz. B2, Czapowski G. [60%]) prezentuje po raz pierwszy od 1987 r. w sposób syntetyczny stan rozpoznania (kategoria i rok udokumentowania, typ złoża i zarys budowy geologicznej najważniejszych złóż) i zagospodarowania (zasoby, wydobywanie) udokumentowanych złóż soli kamiennej w Polsce do 2007 r. (fig. 1). Wielkość zasobów i wydobywania odniesiono do roku 2006; mój udział w pracy dotyczył omówienia złóż permskiej soli kamiennej (fig. 2-4, tab. 1-2). Podkreśliłem tu nową rolę wystąpień soli jako podziemnych bezpiecznych kawernowych magazynów i składowisk odpadów.

Kolejna praca z 2009 r., pt. **Złóża soli w Polsce: stan aktualny i perspektywy zagospodarowania** (Zał. 7, poz. B3, Czapowski G. [60%]), nawiązuje tematycznie do wcześniejszej publikacji, uaktualniając wg stanu z 2008 r. informacje o zasobach i wydobywaniu ze złóż soli kamiennej (tab. 1-2) z podziałem na wystąpienia pokładowe, pokładowo-fałdowe i wysadowe. Omówiono jak poprzednio najważniejsze cechy budowy geologicznej tych wystąpień na przykładzie ważniejszych złóż (ryc. 2-4, 6-9). Jako nowe zagadnienie przedstawiłem w publikacji dane o wystąpieniach permskich soli potasowo-magnezowych w Polsce (tab. 3, ryc. 3) oraz omówiłem ówczesne plany wykorzystania dotychczas niedostępnych złóż (np. wystąpienia pokładowe soli kamiennej nad Zatoką Pucką i w rejonie Głogowa jako obiekty magazynowe lub składowiska odpadów). Podkreśliłem brak aktualnego rozpoznania geologicznego w odniesieniu do szeregu złóż, np. złoża soli w wysadzie Damasławek czy złoża polihality w rejonie Zatoki Puckiej, stąd konieczność ich ponownego udokumentowania przed podjęciem jakiegokolwiek decyzji o zagospodarowaniu. Formą nieco skróconą, syntetyczną, tej pracy jest publikacja z 2010 r. pt. **Geology and resources of salt deposits in Poland: the state of the art** (Zał. 7, poz. B4, Czapowski G. [60%], uzupełniona o dane dotyczące wielkości zasobów prognostycznych soli kamiennej i soli potasowo-magnezowych w Polsce i zaadresowana do odbiorców zagranicznych.

W następnej pracy z 2012 r., pt. **Salt resources in Poland at the beginning of 21st century** (Zał. 7, poz. B5, Czapowski G. [70%]), również adresowanej do zagranicznych odbiorców, zaprezentowano po raz pierwszy łączną wielkość zasobów soli kamiennej (wieku permskiego i miocenckiego) i soli potasowo-magnezowych w Polsce w świetle stanu ich rozpoznania w pierwszym dekadzie XXI w. Szacunki te objęły zasoby już udokumentowane wg stanu na rok 2010 (ryc. 1-2, tab. 1) oraz ustalone w latach 2007-2008 w PIG-PIB zasoby przewidywane (określone do głębokości 2 km). Te ostatnie z podziałem na zasoby perspektywiczne i prognostyczne (zależnie od przyjętych wartości miąższości serii solnej i głębokości jej występowania – tab. 2) obliczono odrębnie dla permskich soli kamiennych w wystąpieniach pokładowych (ryc. 3, tab. 3), w wysadach solnych (ryc. 4, z rozdzieleniem na wysady udokumentowane i wstępnie rozpoznane [tab. 4] i nieudokumentowane [tab. 5]) oraz dla soli miocenckich (ryc. 5, tab. 6). Porównując wielkości zasobów i powierzchni wystąpień soli kamiennej różnego wieku wykazałem absolutną przewagę w bilansie zasobów soli permskich (ok. 95% zasobów udokumentowanych i blisko 100% zasobów przewidywanych – tab. 7), sole miocenckie mają znaczenie marginalne. W odniesieniu do soli permskich większość (ok. 69%) obecnie udokumentowanych zasobów kryje się w wysadach solnych (ryc. 1, tab. 1), ich zasoby zaś przewidywane lokują się głównie (96,7%) w wystąpieniach pokładowych (ryc. 6, tab. 7). Przyjmując wielkość wydobywania soli kamiennej na ok. 3,9 mln t (średnia z lat 2006-2010) zasoby udokumentowane tej soli starczą na 26 tys. lat, natomiast przewidywane – na 500 lat przy wydobywaniu 1/10⁶ ich części. Ze

względu na konieczność ponownego udokumentowania dotychczas rozpoznane zasoby permских soli potasowo-magnezowych (fig. 2-3) zakwalifikowałem jako prognostyczne i łączne ich zasoby przewidywane oszacowałem na 1,02 mld t, z czego blisko 0,9 mld t stanowią wystąpienia pokładowe (tab. 8). Publikacja z 2013 r. pt. **Potencjał zasobowy soli kamiennej i soli potasowych w Polsce a perspektywy jego wykorzystania** (Zał. 7, poz. B6, Czapowski G. [70%]) jest zmodyfikowaną wersją powyżej omówionej publikacji, adresowaną do odbiorców krajowych. Rozszerzyłem ją o komentarze odnośnie możliwości zagospodarowania wystąpień soli kamiennej (w przypadku soli permских szereg wysadów solnych o korzystnych parametrach geologicznych, np. Goleniów, Damasławek, Izbica Kujawska, Łanięta, Lubień, Rogóźno, Dębina oraz część wysadu kłodawskiego, może być rozważanych jako miejsca lokalizacji podziemnych kawernowych magazynów lub bezpiecznych składowisk odpadów np. wyrobiska w pokładzie soli w Sieroszowicach) i soli potasowo-magnezowych (konieczność ponownego udokumentowania wystąpień nad Zatoką Pucką czy udokumentowania wystąpień na obszarze przedsudeckim dla oceny opłacalności podjęcia ich wydobywania).

Uaktualnione dane o zasobach przewidywanych permских soli w Polsce, uzyskane przy opracowaniu map w skali 1:200 tys. obszarów perspektywicznych ich wystąpień, przedstawiłem w najnowszej publikacji pt. **Obszary perspektywiczne wystąpień i zasoby przewidywane surowców chemicznych Polski na mapach w skali 1:200 000 - sól kamienna, sole potasowo-magnezowe i siarka** (Czapowski i in. 2015; **Wykaz opublikowanych prac...** zał. 3, poz. II.D/16).



GRUPA TEMATYCZNA C. Możliwości wykorzystania zasobów utworów i złóż solnych w Polsce

Na ostatnią grupę tematyczną składa się pięć prac, opublikowanych w latach 2004-2012 (w zestawieniu zbiorczym [Zał. 7] oznaczonych jako pozycje od C1 do C5). Celem tych publikacji było przedstawienie - w świetle stanu wiedzy o wystąpieniach solnych w Polsce - różnych form ich zagospodarowania, od eksploatacji soli (podziemnej i otworowej) po wyrobiska magazynowe i składowiska odpadów czy pomniki przyrody nieożywionej.

W publikacji z 2004 r. (Zał. 7, poz. C1; **Analiza facjalna soli kamiennych jako metoda oceny możliwości zagospodarowania formacji solnych**. Czapowski G. [50%]) przedstawiłem po raz pierwszy w Polsce możliwość wykorzystania metod analizy sedymentologicznej i badań facjalnych utworów solnych (wykorzystując facje solne zdefiniowane w obrębie górnopermskich i mioceńskich utworów solonośnych) do wskazania możliwych form ich zagospodarowania. Wprowadziłem tu pojęcie „solna litofacja surowcowa”, określające przydatność utworów solnych, reprezentujących określony typ facjalny, dla różnych form zagospodarowania (eksploatacja soli, magazynowanie i składowanie). Wydzieliłem 4 kategorie surowcowe (tab. 2) o coraz niższej przydatności: kat. I (odpowiada facji głębokiego basenu i głębokiej laguny solnej) o wysokiej przydatności, kat. II (facje płytkiego

basenu i płytkiej laguny solnej) o wysokiej-średniej przydatności, kat. III (facja saliny) o wysokiej-niskiej przydatności i kat. IV (facje panwi solnej i jeziora solnego) praktycznie nieprzydatna. Wykorzystując sporządzone mapy paleofacjalne utworów solnych (ryc. 3-4, 7-8) opracowałem odpowiednie mapy rozmieszczenia litofacji surowcowych dla wystąpień soli kamiennej cyklu PZ1 cechsztynu na wschodnim skłonie wyniesienia Łeby (ryc. 5) i w rejonie Zatoki Puckiej (ryc. 6) oraz dla soli kamiennych cykli PZ1 do PZ3 cechsztynu na obszarze Lubińsko-Głogowskiego Okręgu Miedziowego (LGOM, ryc. 9-11). Mapy te wskazują obszary wystąpień solnych przydatnych do określonych form zagospodarowania, np. optymalny obszar dla eksploatacji soli i lokowania podziemnych magazynów nad Zatoką Pucką rozciąga się od okolic Bytowa, Łeby i Białogardy na zachodzie po okolice Lisewa oraz rejon Mechelinek i Jastarni na wschodzie (ryc. 5-6). Korzystne warunki dla tej formy zagospodarowania cechują SW i NW fragmenty pokładu soli kamiennej cyklu PZ1 na terenie LGOM (ryc. 9) oraz NW skraj pokładów soli kamiennej cykli PZ2 i PZ3 na obszarze górniczym Bytom Odrzański (ryc. 10-11).

Praca z 2012 r. pt. **Stan rozpoznania geologicznego struktur solnych regionu szczecińskiego pod kątem oceny możliwości budowy w ich obrębie kawernowych magazynów i składowisk** (Zał. 7, poz. C2; Czapowski G. [80%]) zawiera informacje o budowie geologicznej i podstawowych parametrach (powierzchnia, głębokość występowania zwierciadła solnego oraz spągu ciała solnego, stopień rozpoznania itp. – tab. 2-3) 24 struktur solnych (14 wysadów i 10 poduszek – ryc. 1-5, tab. 1), dotychczas zlokalizowanych w rejonie Szczecina. Przedstawiłem ocenę – w oparciu o parametry geologiczne i szanse zrzutu solanek ługowniczych – możliwości budowy w ich obrębie podziemnych kawernowych magazynów węglowodorów, traktowanych jako przygraniczne, buforowe magazyny operacyjne dla zakupów gazu np. z Niemiec (dostawy z gazociągu Nord Stream). Wśród tych struktur jedynie 5 wysadów (Międzyzdroje/Przytór, Wolin-Wicko-Wapnica, Wolin 2, Goleniów i Grzęzno) spełnia geologiczne wymogi budowy w ich obrębie kawern magazynowych (strop soli na głębokości <2 km i jej grubość >150 m) a ich położenie (ryc. 1) nad Bałtykiem (Międzyzdroje/Przytór, Wolin-Wicko-Wapnica i Wolin 2) i blisko Zalewu Szczecińskiego (Goleniów i Grzęzno) pozwala na przyszły bezpieczny zrzut solanek. Stopień rozpoznania geologicznego tych wysadów i ich otoczenia, podobnie jak poduszek solnych (nie spełniających jednak kryteriów geologicznych dla tej formy zagospodarowania), jest – poza wysadem Goleniów – ogólnie słaby bądź go brak, stąd konieczność dokładnego rozpoznania wytypowanych do podobnych inwestycji obiektów.

W dwu publikacjach: z 2005 r. - praca pt. **Możliwości niekonwencjonalnego wykorzystania walorów przyrodniczych i technicznych kopalni soli Kłodawa** (Zał. 7, poz. C3; Czapowski G. [60%]) i z 2007 r. - praca pt. **Koncepcja wykorzystania i zagospodarowania wyrobisk poeksploatacyjnych Kopalni Soli „Kłodawa”** (Zał. 7, poz. C4; Czapowski G. [40%]) – artykuł adresowany do środowiska górniczego, zawiera skróconą wersję wcześniej przedstawionej koncepcji tras turystycznych) zaprezentowałem – w ramach opcji dalszego funkcjonowania kopalń po okresie eksploatacyjnym - po raz pierwszy projekt wykorzystania części wyrobisk górniczych w Kopalni Soli Kłodawa S.A. jako pomników przyrody nieożywionej do celów dydaktyczno-turystycznych. Wyrobiska czynnej kopalni soli w wysadzie kłodawskim jako jedyne w kraju oferują bezpośredni dostęp do unikalnego, niemal kompletnego profilu utworów cechsztynu z centralnej części basenu permskiego w Polsce oraz możliwość obserwacji form tektoniki solnej i unikalnych solnych paragenez mineralnych. W pierwszej pracy przedstawiłem uaktualniony w

oparciu o obowiązującą terminologię profil stratygraficzny tych osadów (z proponowanymi dodatkowymi wydzieleniami i ich korelacją z określeniami górnictwami – tab. 1) oraz szczegółowe omówienie dwóch projektowanych tras edukacyjno-turystycznych z lokalizacją i opisem poszczególnych stanowisk demonstracyjnych (ryc. 1-4). Omówiłem także uwarunkowania formalne niezbędne do objęcia ochroną prawną wskazanych stanowisk jako tzw. stanowisk dokumentacyjnych i procedury konieczne do nadania im takiego statusu (np. umieszczenie na krajowej liście geostanowisk dziedzictwa geologicznego wyjątkowych miejsc występowania soli niebieskiej czy struktur poligonalnych w soli kamiennej).

W pracy z 2007 r. pt. ***Underground hydrocarbons storages in Poland: actual investments and prospects*** (Zał. 7, poz. C5; Czapowski G. [49%]), adresowanej do odbiorców zagranicznych, omówiłem w oparciu o dane literaturowe rodzaje podziemnych magazynów węglowodorów i przedstawiłem podstawowe parametry (np. powierzchnię, głębokość występowania, wiek, przepuszczalność i porowatość osadów magazynujących oraz stosowane ciśnienia zatłaczania i magazynowane objętości gazu – tab. 2) ówczesnie w Polsce funkcjonujących (6 obiektów) i planowanych (7 obiektów) podziemnych magazynów gazu w szcerpanych złożach ropy i gazu (fig. 1). Szczególną uwagę poświęciłem permskim utworom solnym (sole mioceńskie wyeliminowałem ze względu na ich zmienne wykształcenie, silne zaangażowanie tektoniczne i wysokie zagrożenia wodne), w obrębie których już funkcjonują kawernowe magazyny węglowodorów (wysady solne Mogilno i Góra). Szereg wysadów solnych (7 struktur – fig. 2) cechują parametry geologiczne (np. powierzchnia, głębokość stropu wysadu i stropu soli, grubość czapy wysadu - tab. 3), umożliwiające takie ich wykorzystanie. Celem uzupełnienia opcji magazynowania gazu w strukturach geologicznych w Polsce scharakteryzowałem 7 potencjalnych lokalizacji (fig. 1, tab. 4) takich magazynów w obrębie poziomów wodonośnych.

5. Inne osiągnięcia naukowe

Równolegle do prowadzonych badań nad utworami solnymi moja działalność naukowa po doktoracie (wyrażona publikacjami, prezentacjami wyników badań i opracowaniami archiwalnymi) obejmowała:

- (a) analizę środowisk i rozwój depozycji oraz stratygrafię utworów neogenu morskiego (pozycje: II.A/1; II.D/6, 7 i 15a do C; II.K/12; III.B/3, 4, 48, 50, 52 i 53; III.M/9, 29, 32, 33, 36 – patrz: ***Wykaz publikacji i osiągnięć...***, Zał. 3) oraz lądowego (pozycje: II.D/4 i 15D; II.K/3, 4 i 24; III.B/7, 9, 31, 35, 39 i 47; III.M/7, 14, 30 – patrz: ***Wykaz publikacji i osiągnięć...***, Zał. 3) w Polsce,
- (b) wykształcenie i interpretację środowiska depozycji utworów pogranicza permu i triasu w Polsce (pozycje: II.E/2, II.K/7; III.B/26; III.M/4 i 12 – patrz: ***Wykaz publikacji i osiągnięć...***, Zał. 3),
- (c) wykształcenie i interpretację środowiska depozycji utworów dolnego triasu w Polsce (pozycja II.E/7 – patrz: ***Wykaz publikacji i osiągnięć...***, Zał. 3).

Plany na przyszłość

W 2016 r. planuję (jako współredaktor naukowy i autor artykułów) przekazanie do druku monograficznego tomu ***Polish Geological Institute Special Papers***, zawierającego artykuły przygotowane przez krajowych i zagranicznych badaczy, poświęcone wszechstronnemu omówieniu tak unikalnych osadów, jakimi są zubry permskie, najlepiej wykształcone i zbadane na obszarze Polski. Dodatkowo

zamierzam w tym okresie współuczestniczyć w przygotowaniu dwóch publikacji nt. występowania, wykształcenia i genezy utworów kontynentalnego miocenu w udokumentowanych przez nasz zespół z PIG-PIB odsłonięciach i profilach wierceń w strefie brzegowej Bałtyku na Pomorzu Gdańskim.

Grzegorz Czapowski