



# Charakter i geneza wycieku 55/750 w Kopalni Soli „Kłodawa”

## *The characteristic and origin of the 55/750 leakage in the “Kłodawa” Salt Mine*

Kajetan d’OBYRN<sup>1</sup>, Jacek MOTYKA<sup>1</sup>, Waław STASZCZAK<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Akademia Górniczo-Hutnicza, Wydział Geologii, Geofizyki i Ochrony Środowiska,

<sup>2</sup>Kopalnia Soli „Kłodawa”

### STRESZCZENIE

Zagrożenie wodne w Kopalni Soli „Kłodawa” występuje od ponad 65 lat, czyli od rozpoczęcia eksploatacji soli. Jednym z wycieków stanowiących zagrożenie jest zjawisko wodne nr 55 występujące na poziomie 750. W artykule przedstawiono wyniki monitoringu tego zjawiska wodnego. Kopalnia prowadzi systematyczną kontrolę wydajności wycieku i jego składu chemicznego oraz izotopowego. Wyniki tych badań pozwalają na określenie wody pochodzącej z tego zjawiska wodnego jako syngenetycznej solanki pochodzącej z wód uwieczonych w wysadzie.

**Słowa kluczowe:** górnictwo solne, zagrożenie wodne, geneza zjawiska wodnego

### ABSTRACT

The water hazard in the “Kłodawa” Salt Mine has been present for more than 65 years, since the beginning of the salt exploitation. The water phenomenon No. 55, occurring at the level 750, is one of the leakages contributing to this threat. The article presents the results of this water phenomenon monitoring conducted by the mine. Systematic control of this leakage consists of efficiency, and also chemical and isotopic composition measurements. Based on the monitoring results, water coming from this phenomenon can be considered as a syngenetic brine, originating from waters trapped in the salt deposit.

**Key words:** salt mine, water hazard, leakage origin

### 1. WSTĘP

W rejonie Kopalni Soli „Kłodawa” występują czwartorzędowe, neogeńskie, kredowe, jurajskie i triasowe piętra wodonośne: skrasowiałe i spękane skały czapy gipsowej wysadu mają podstawowe znaczenie dla warunków występowania i przepływu wód podziemnych w tym rejonie. Czapę wysadu tworzą słabo rozpuszczalne pozostałości z procesu ługowania soli chlorkowych, które są jednak rozpuszczane przez wody infiltrujące z nadkładu kenozoicznego. Potencjalnym źródłem dopływów wody do kopalni Kłodawa oprócz zawadzionych utworów czapy gipsowo – ilowej mogą być również skały permsko – mezozoiczne. Do wdarcia się wód do wyrobisk kopalni mogłoby dojść w przypadku przedarcia się wód słodkich przez półkę oddzielającą wyrobiska od lustra solnego, wdarcia się wody z utworów kenozoicznych przez uszkodzoną rurę szybową lub wdarcia się wody przez boczne filary graniczne albo zlikwidowane otwory wiertnicze. Ochroną przed tego typu sytuacją jest rozpoznawanie zagrożenia wodnego, zapobieganie rozwojowi takich zjawisk, kontrola filarów brzeżnych i półki stropowej oraz obudowy szybów.

W kłodawskiej kopalni soli zagrożenie wodne wynika z typu tektoniki złoża i stosunków hydrogeologicznych w jego otoczeniu, wewnętrznej budowy geologicznej wysadu solnego, charakterystyki źródeł cieczy oraz stanu rozprzestrzenienia wyrobisk górniczych i sposobu ich prowadzenia. Na podstawie rozpoznania rejonu KS „Kłodawa” wydzielono w kopalni strefy o zróżnicowanym nasileniu zagrożenia wodnego. Oprócz stref wyznaczono (Motyka i in., 2013) regiony wysadu solnego, wyraźnie rozgraniczone geologicznie i odznaczające się swoistą charakterystyką hydrogeologiczną ze

względu na występowanie źródeł cieczy określonego rodzaju i związany z nimi stopień zagrożenia wodnego. Jednym z tych regionów jest blok sztywnego anhydrytu głównego pośród przyległych soli.

## 2. BUDOWA GEOLOGICZNA REJONU WYCIEKU

Opisywany wyciek znajduje się w strefie związanej z anhydrytem głównym. Warstwa anhydrytu głównego jest spękana tektonicznie, szczelinowata, a główne niebezpieczeństwo stanowi jej kontakt z czapą gipsową, która stanowi realny i potencjalny zbiornik wód mogących przedostać się do wnętrza wysadu. Zasilanie wycieków tej strefy związane jest z utworami nadległymi w stosunku do czapy gipsowej, co może wiązać się z odwodnieniem warstw wodonośnych czwartorzędowych i neogeńskich.

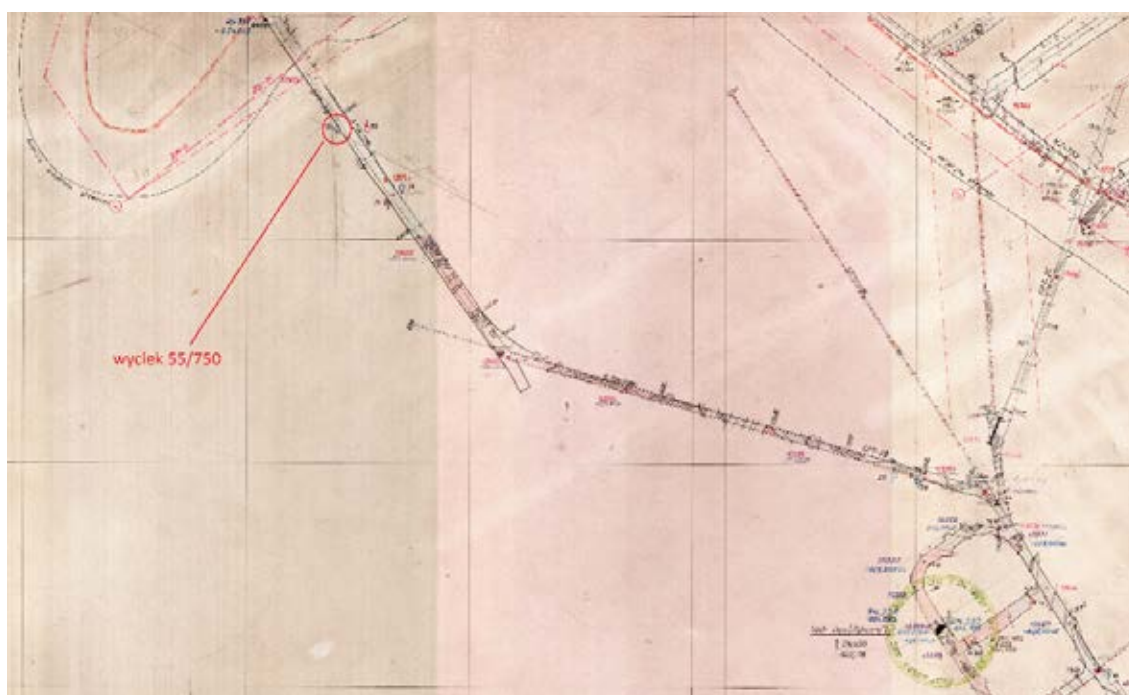
Wyciek 55/750 występuje w obrębie ławicy anhydrytu głównego A3, widocznej na poziomie 750. W przypadku kontaktu warstwy anhydrytu z wodami nadkładu lub czapy, jako pierwsze powinny być ługowane sole potasowo magnezowe i w nich powinno występować to zjawisko wodne. W takim przypadku należałoby się spodziewać wystąpienia podobnych zjawisk na wyższych poziomach kopalni (od poziomu 630 w górę), a nie stwierdzono ich. Wycieki pochodzące ze strefy anhydrytu głównego są znane z wielu miejsc w kopalni „Kłodawa”, a sama warstwa Ag jest znanym elementem wodonośnym, względem którego wyznacza się filar bezpieczeństwa.

Warstwa anhydrytu głównego stanowi skrzydło fałdu kulisowego o bardzo stromym upadzie (prawie pionowym) i przebiegu NE – SW. Miąższość tej warstwy wynosi ok. 43 m.

Kontakt warstwy anhydrytu ze skałami starszymi, czyli dolo-mitem płytowym Ca3, ma charakter sedymentacyjny. Anhydryt główny przykrywa zgodnie młodszą sól kamienna dolna Na3a. Miejscami na kontakcie anhydrytu głównego i młodszej soli kamiennej dolnej można dostrzec ślady ługowania z epigenetycznym halitem i śladowo polihalitem. Z obserwacji żył występujących w anhydrycie, dolomicie i iłópkach (T3) wynika, że żyły powstawały wieloetapowo, a minerały w żyłach krystalizowały przy zmiennym składzie solanek. Na podstawie tych obserwacji można wnioskować o epigenetycznych zjawiskach rozpuszczania i krystalizacji minerałów solnych, co nie wskazuje na ich współczesną genezę. Żyły w anhydrycie są również wskaźnikami dróg migracji solanek, nawiązując do systemu spękań tej warstwy (Burliga, 2017).

## 3. CHARAKTERYSTYKA I WYDAJNOŚĆ WYCIEKU

Wyciek został zarejestrowany 27.01.2014 roku (Andrusikiewicz, Krokos, 2015; Staszczak, Krokos, 2017). W tym dniu w czole przodka GPT-2B w odległości ok. 55 m w kierunku SE od osi chodnika komorowego KS-15a zaobserwowano zawilgocenia SW ociosu o powierzchni ok. 1,5-2,5 m<sup>2</sup> oraz zawilgocenia stropu wyrobiska. Wyciek znajdował się w anhydrycie głównym, szaro-popielatym, miejscami jasnopopielatym, drobnokrystalicznym. W następnym dniu pas zawilgocenia rozszerzył się do około 5,5 m. Pomiar wydajności wykazał 173 krople/min, część solanki sączyła się po ociosie. Kolejne pomiary wydajności wykazały 154 krople/min i 160 kropli/min, a kolejne 395, 504 i 467 kropli/min. Na stropie pojawiło się ok. 30 stalaktytów. Kolejnego dnia na stropie stwierdzono ok. 90 stalaktytów o długości 5-25 cm



**Ryc. 1.** Lokalizacja wycieku 55/750 (Motyka i in. 2013).

**Fig. 1.** Location of 55/750 inflow (Motyka et al. 2013).

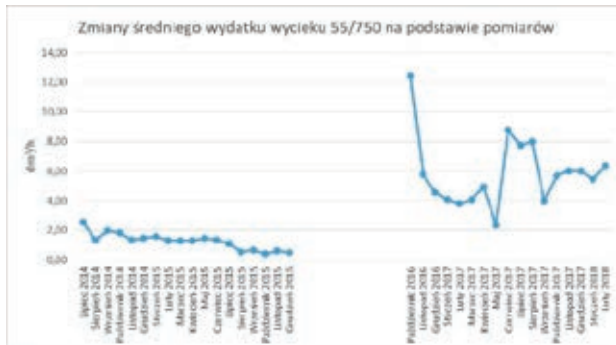
barwy białej, ocios mokry na szerokości ok. 2,5 m, a w dolnej części na szerokości ok. 3,5 m. Wydajność wycieku wynosiła 406 i 384 krople/min. W kolejnych tygodniach na spągu pojawiła się kałuża, a wydatek wycieku wahał się od 100 do 200 kropli na min., przybywało stalaktytów. W dniu 13.03.2014 r., w odległości ok. 13 m na NW od p.p. 12071, stwierdzono pojawienie się na stropie i ociosie 4 plam (wyciek podzielił się). Wszystkie znajdowały się w anhydrycie głównym, w obrębie którego widoczne były gniazda i żyły halitu epigenetycznego, kryształowego z wprysnięciami ciemno – czerwonego karnalitu i halitu niebieskiego. Całość zjawiska rozciągała się na odcinku ok. 3,8 m.

W kolejnych miesiącach charakter wycieku raczej nie zmieniał się. Wykroplenia i zawilgocenia migrowały po ociosie, jednak nie dalej niż kilka metrów. Czasem wyciek dzielił się na dwie strefy o nieco innej wydajności. Wydajność całego wycieku wynosiła od kilku do ponad stu kropli na minutę. Początkiem lipca 2014 r. wydajność wycieku wzrosła do 400 – 500 kropli/min., a 8 lipca do ok. 3,5 dm<sup>3</sup>/h, aby 9 lipca dojść do 4,8 dm<sup>3</sup>/h. Końcem lipca wydatek spadł do ok. 1 dm<sup>3</sup>/h i do końca roku kształtował się poniżej 1,5 dm<sup>3</sup>/h.



Ryc. 2. Wyciek 55/750.

Fig. 2. Inflow 55/750.



Ryc. 3. Wydatek wycieku.

Fig. 3. Inflow rate.

Na początku 2015 roku w rejonie wycieku było ok. 140 stalaktytów o dł. 3 – 80 cm, barwy białej i rdzawej, z kroplą płynu. Na ociosie widocznych było 10 stalaktytów z kroplą płynu, białych, o długości 10-60 cm. Ocios był wilgotny, pokryty naskorupieniami barwy biało – rdzawej. Pod ociosem występowało 10 stalagnatów o wysokości 10 – 50 cm oraz 30 stalagmitów o wysokości 20 – 50 cm barwy biało – rdzawej. Na spągu leżały połamane stalaktyty i stalagmity. Wydajność wycieku wynosiła 1,3 dm<sup>3</sup>/h. Pod koniec lipca 2015 roku wydajność wycieku spadła poniżej 1 dm<sup>3</sup>/h, natomiast z końcem roku 2015 wydatek wycieku wzrósł do 1,47 dm<sup>3</sup>/h, a pozostałe elementy wycieku nie uległy większym zmianom.

01.02.2016 r. decyzją Zespołu opiniodawczego w sprawach rozpoznania i zwalczania zagrożeń występujących w zakładzie górniczym KS „Kłodawa” zaprzestano pomiarów



Ryc. 4. Wielkość dopływu do rząpia.

Fig. 4. Inflow rate to the samp.

wydajności wycieku. Określona na podstawie ilości solanki wybranej z rząpia wydajność wycieku do października 2016 roku wynosiła ok 1,5 dm<sup>3</sup>/h, a wahania nie były znaczące.

21.10. 2016 r. zamontowano paker celem kontroli dopływu i mierzenia wydajności wycieku. W stropie odwiercono 18 otworów o dł. 1 m. Na kotwach została założona siatka w celu ochrony wyrobiska przed odpajającymi się pod wpływem wilgoci skałami i ich obwałem. W jednym z otworów, podczas wiercenia zaobserwowano dopływ solanki i na nim zamontowano paker. Wydajność wycieku po zamontowaniu pakera wzrosła do 14,5 dm<sup>3</sup>/h. Następnie wydajność wycieku systematycznie malała, aby ok. 10.11.2016 r. spaść poniżej 5,0 dm<sup>3</sup>/h i ta wielkość utrzymywała się do końca kwietnia 2017 roku, kiedy to wydatek wzrósł do ok. 6 dm<sup>3</sup>/h, aby po krótkim wzroście spaść ponownie poniżej 4 dm<sup>3</sup>/h w maju



Ryc. 5. Aktualne ujęcie wycieku.

*Fig. 5. The samp of the inflow.*



Ryc. 6. Kroplowy wydatek 55/750.

*Fig. 6. Drop inflow 55/750.*

2017 r., a nawet, chwilowo do 1,6 dm<sup>3</sup>/h. Pod koniec maja ponownie nastąpił wzrost wydatku do ok. 6 dm<sup>3</sup>/h, a w pierwszych dniach czerwca nawet do 25,5 dm<sup>3</sup>/h. Ten zdecydowany wzrost był jednak krótkotrwały i już w kolejnych dniach czerwca nastąpił spadek do 5,88, a następnie 3,6 dm<sup>3</sup>/h. Kolejny wzrost do 20,4 dm<sup>3</sup>/h nastąpił z końcem lipca, ale był to znowu krótkotrwały wzrost, po którym nastąpił kolejny spadek wydajności do 8,4 a następnie 6,0 dm<sup>3</sup>/h w sierpniu (Staszczak, Krokos, 2017). W październiku 2017 r. odnotowano spadek wydatku do nieco ponad 1,0 dm<sup>3</sup>/h, ale po nim, w połowie miesiąca pojawił się ponownie skokowy wzrost do ponad 15,0 dm<sup>3</sup>/h, który był krótkotrwały, bo na początku listopada wydatek spadł do 4,5 dm<sup>3</sup>/h i znowu zaczął rosnąć do ok. 6,0 dm<sup>3</sup>/h końcem roku.

Po koniec stycznia 2018 r. wydatek z ok. 6,0 dm<sup>3</sup>/h spadł do 3,9 a następnie wahał się od ok. 4,0 do 9,0 dm<sup>3</sup>/h.

Po uchwyceniu w 2016 roku wycieku wierceniem i odprowadzaniem go przez paker z jednego miejsca, charakterystyczną cechą wycieku jest jego pulsacyjny charakter, wskazujący na blokowanie i otwieranie dróg dopływu solanki.

#### OPRÓBOWANIE WYCIEKU ORAZ ANALIZY SKŁADU CHEMICZNEGO I IZOTOPOWEGO

Na podstawie wyników analiz chemicznych, wykonanych w laboratorium KS „Kłodawa” obejmujących okres od 03.01.2017 do 12.02.2018 roku, sporządzono wykresy zmienności charakterystycznych parametrów i jonów wycieku 55/750.

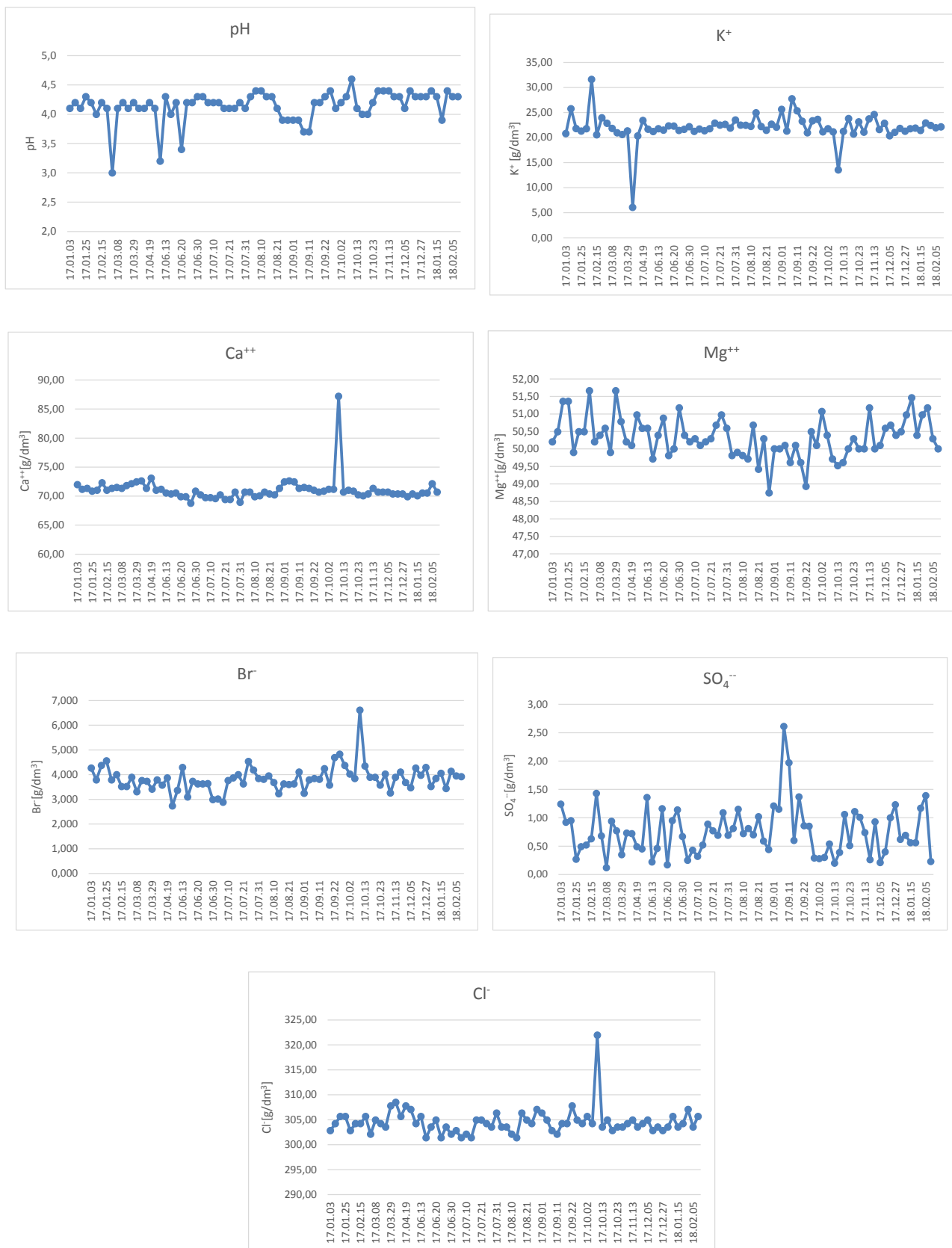
Wątpliwości dotyczące wiarygodności uzyskanych wyników budzi tylko jedna z analiz, dla której zawartości Ca, Br i Cl wykazują maksima. Wynik tej analizy przedstawiono na wykresach z uwagi na brak podstaw do wykluczenia takiej zmienności składu chemicznego solanki.

Rozszerzoną analizę chemiczną wycieku przeprowadzono w laboratorium Katedry Hydrogeologii i Geologii Inżynierskiej (KHGI) AGH (Tab.1.).

Różnice pomiędzy wynikami analiz dotyczące jonu Ca pomiędzy KHGI AGH a KS „Kłodawa” przy minimalnej wartości wynoszącej 64,7 g/dm<sup>3</sup> (AGH) i 68,78 g/dm<sup>3</sup> (KS „Kłodawa”) oraz Cl<sup>-</sup> o zawartości minimalnej 285,5 g/dm<sup>3</sup> (AGH) i 301,38 g/dm<sup>3</sup> (KS „Kłodawa”) są mało znaczące. Natomiast wyniki Br 1,1 g/dm<sup>3</sup> (KS „Kłodawa” min. 2,73 g/dm<sup>3</sup>) i SO<sub>4</sub><sup>-</sup> < 5 mg/dm<sup>3</sup> (KS „Kłodawa” min. 120 mg/dm<sup>3</sup>) zdecydowanie się różnią. Różnice mogą wynikać m.in. z odmiennych technik analitycznych stosowanych w różnych laboratoriach lub świadczyć o bardzo zmiennych składowych wód, pochodzących z różnych dróg krążenia, składających się na zmieszaną z nich wodę dopływającą do wycieku.

#### INTERPRETACJA WYNIKÓW

Woda ze zjawiska 55/750, według analizy laboratorium KHGI AGH w Krakowie, jest solanką typu Mg-Ca-Cl o mineralizacji 429 g/dm<sup>3</sup>. Taki typ hydrochemiczny wody, jej mineralizacja i stosunkowo wysokie stężenie potasu (około 21 g/dm<sup>3</sup>) wskazują na rozpuszczanie soli magnezowo-pota-



Ryc. 7. Wyniki analiz pH, K, Ca, Mg, Br, SO<sub>4</sub> i Cl, wycieku 55/750.  
 Fig. 7. Results of 55/750 inflow analysis: pH, K, Ca, Mg, Br, SO<sub>4</sub> i Cl.

**Tabela. 1.** Wyniki analizy próbki pobranej 13.04.2018 r. ze zjawiska wodnego 55/750.**Table. 1.** Chemical analysis results of sample taken from 75/550 inflow at 13.04.2018.

Nr próbki	KLO-1				
Data poboru	13.04.2018 r.				
Miejsce poboru	wyciek 55/750				
pH	4,54		Tl	0,000328	mg/dm <sup>3</sup>
Conduc.	150700	μS/cm	Se	11,76	mg/dm <sup>3</sup>
Eh	330	mV	Mo	0,00239	mg/dm <sup>3</sup>
Ca	64069	mg/dm <sup>3</sup>	Sb	0,173	mg/dm <sup>3</sup>
Mg	49570	mg/dm <sup>3</sup>	Ag	0,0385	mg/dm <sup>3</sup>
Na	8620	mg/dm <sup>3</sup>	Cd	0,00462	mg/dm <sup>3</sup>
K	20620	mg/dm <sup>3</sup>	Br	1102	mg/dm <sup>3</sup>
HCO <sub>3</sub>	515,6	mg/dm <sup>3</sup>	I	0,076	mg/dm <sup>3</sup>
SO <sub>4</sub>	< 5	mg/dm <sup>3</sup>	B	14,65	mg/dm <sup>3</sup>
Cl	285500	mg/dm <sup>3</sup>	PO <sub>4</sub>	< 0,01	mg/dm <sup>3</sup>
Fe	40,52	mg/dm <sup>3</sup>	Y	0,00291	mg/dm <sup>3</sup>
Al.	0,00596	mg/dm <sup>3</sup>	Bi	0,00532	mg/dm <sup>3</sup>
Ba	0,109	mg/dm <sup>3</sup>	Ga	0,000606	mg/dm <sup>3</sup>
Mn	4,205	mg/dm <sup>3</sup>	Te	0,000186	mg/dm <sup>3</sup>
Sr	1831	mg/dm <sup>3</sup>	SiO <sub>2</sub>	< 0,1	mg/dm <sup>3</sup>
Zn	1,756	mg/dm <sup>3</sup>	Sn	0,0043	mg/dm <sup>3</sup>
Cu	0,0111	mg/dm <sup>3</sup>	W	0,000105	mg/dm <sup>3</sup>
Li	1,733	mg/dm <sup>3</sup>	Zr	0,000766	mg/dm <sup>3</sup>
Pb	0,0702	mg/dm <sup>3</sup>	Rb	1,636	mg/dm <sup>3</sup>
Ni	0,0364	mg/dm <sup>3</sup>	U	0,000005	mg/dm <sup>3</sup>
Co	0,0551	mg/dm <sup>3</sup>	Cr	0,157	mg/dm <sup>3</sup>
As	15,01	mg/dm <sup>3</sup>	Ti	< 0,0001	mg/dm <sup>3</sup>
Be	3,6E-05	mg/dm <sup>3</sup>	Cs	0,0225	mg/dm <sup>3</sup>
V	0,0475	mg/dm <sup>3</sup>	H <sub>2</sub> S	bd.	-
Hg	< 0,00001	mg/dm <sup>3</sup>	TDS	429	g/dm <sup>3</sup>

sowych oraz oddziaływanie solanki na anhydryt, który jest źródłem wapnia w solance. W rezultacie tworzy się bardzo dobrze rozpuszczalny chlorek wapnia. Potwierdzeniem tego jest stosunek molarny strontu do wapnia mSr/mCa, wyrażony w promilach, równy 1,71%, który dla ewaporatów siarczanowych jest znacznie wyższy (Malata i in., 2018). Brak lub niewielkie stężenia siarczanów w solance należy tłumaczyć ich redukcją do siarkowodoru w środowisku redukcyjnym. O przejawach występowania tego gazu w wyciekach w tej części kopalni wspomina Burliga (2017). Skład chemiczny i izotopowy (Duliński i in., 2017) wody z wycieku 55/750 wskazują, że jest to woda syngenetyczna typowa dla wód uwięzionych w wysadzie.

Znane i opisywane zjawiska wodne w przypadku KS „Kłodawa” dowodzą, że stopień zagrożenia wodnego ze strony danego wycieku zależy nie tylko od jego pochodzenia, ale przede wszystkim od tzw. mocy rozpuszczania ciała solnego, pojęcia odnoszącego się w odniesieniu do analizy zagrożeń

wodnych w kopalniach soli (Motyka 2012). Jest to złożony parametr, który wiąże ze sobą stopień nasycenia roztworu wodnego, czas przepływu od miejsca zasilania do miejsca wypływu, a także zasobność źródła zasilania zjawiska wodnego w rozpatrywanym wyrobisku górniczym. Jest oczywiste, że najmniejszą moc rozpuszczania mają macierzyste ługi solne, czyli nasycone wody synsedymencyjne, uwięzione w ciele solnym (tzw. wody śródsolne). Są one roztworami nasyconymi względem soli i zajmują stosunkowo niewielką objętość. Wycieki wód tego typu nie rozpuszczają ciała solnego i nawet, jeśli mają stosunkowo dużą wydajność początkową, to szybko zanikają ze względu na niewielkie zasoby zbiornika (wyłącznie zasoby statyczne, tzn. nieodnawialne), z którego są zasilane.

Moc rozpuszczania roztworu wodnego ulega zmianie na drodze jego przepływu przez wysad solny od miejsca zasilania do miejsca jego wypływu w wyrobisku górniczym. Jeśli natężenie przepływu jest na tyle niewielkie, że roztwór wodny prze-

plywający przez wysad zyskuje pełne nasycenie, a wydajność wycieku zmniejsza się z upływem czasu, to oznacza, że moc rozpuszczania maleje i albo wyczerpują się zasoby, z których jest zasilany rozpatrywany wyciek albo też następuje uszczelnianie dróg przepływu poprzez wytrącanie się soli z przesyconego roztworu wodnego. Roztwór staje się przesycony wskutek parowania wody w wyrobisku i w jego bliskim sąsiedztwie.

Z punktu widzenia oceny zagrożenia wodnego dla wyrobisk górniczych w wysadzie solnym Kłodawa, podobnie jak i w innych wysadach, ważne są wyniki monitorowania wydajności danego wycieku, stężenia soli, z których jest zbudowany wysad oraz wyniki badań izotopowych wody zasilającej wyciek. Jeśli w wyrobisku wypływa nasycony roztwór soli, a wydajność wycieku zmniejsza się z upływem czasu i nie stwierdza się trytu w składzie izotopowym wody, to należy uznać, że maleje moc rozpuszczania, a w ślad za tym także zagrożenie wodne, które ten wyciek stwarza dla wyrobisk górniczych. Największe zagrożenie stwarzają wycieki zasilane roztworem wodnym, którego moc rozpuszczania rośnie z upływem czasu. Objawia się to w pierwszej kolejności wzrostem wydajności wycieku, a następnie pojawia się tendencja do zmniejszania się mineralizacji wody zasilającej wyciek. Jeśli w składzie izotopowym wody dodatkowo stwierdzi się obecność trytu, to w przypadku wyrobisk górniczych w wysadach solnych zagrożenie wodne należy traktować jako ekstremalnie wysokie. Do chwili obecnej w kopalni soli „Kłodawa” nie wystąpiło tego rodzaju zjawisko wodne.

Trzy wycieki: 19/680, 20/690 i 55/750 mogą mieć jedno źródło zasilania i stanowić jedną, szczelinową strefę kontaktów hydraulicznych. Strefa ta mogła zostać udroźniona na skutek robót górniczych (strzałowych) i związanym z tym odprężaniem górotworu. Dopływ solanki może pochodzić ze stropowej części anhydrytu, dokąd solanki mogą dopływać z kawerny/kawern lub stref o większej gęstości spękań występujących w anhydrycie lub soli.

Wyniki analiz chemicznych wskazują na stabilność składu chemicznego, a różnice w składzie jonowym mogą wynikać z opisanych powyżej różnych dróg zasilania wycieku, przebiegających w różnych solach lub innych utworach geologicznych. Różnice mogą wynikać także z chwilowej zmiany warunków krążenia wód wycieku w górotworze, ale mogą mieć także swoją przyczynę w metodyce poboru prób i różnych technikach badań laboratoryjnych, co wymagać będzie dodatkowych analiz porównawczych. Prócz jonu  $SO_4$  wyniki analiz nie różnią się znacznie.

#### PODSUMOWANIE

Obserwacja występowania i położenia stalaktytów oraz wtórnej krystalizacji soli pochodzących z wycieku 55/750 wskazuje na związek wykropleń ze spękaniami anhydrytu. Spękania w anhydrycie mają pochodzenie zarówno naturalne - tektoniczne, jak i wtórne, wynikające z robót strzałowych

i odprężania górotworu w strefie wokół wyrobiska. Zmiany wydajności wycieku mogą być związane z robotami górniczymi prowadzonymi w sąsiedztwie. Wpływ na zmienność mogą mieć roboty wiertnicze i strzałowe, co pośrednio może mieć potwierdzenie w wypływie po odwierceniu otworów kotwowych w pobliżu wycieku. Podobne zjawiska występują na poziomach 680 i 690: 19/680 i 20/690.

Badania składu izotopowego solanek pobranych z wycieku 55/750 przeprowadzono w lutym oraz w czerwcu 2017 roku (Duliński i in. 2017, 2018). Autorzy w podsumowaniu wyników badań izotopowych stwierdzili, iż analizy te wykazały, że skład izotopowy tlenu i wodoru jest typowy dla wód syngenetycznych uwieczonych w wysadzie, a wyciek nie stanowi bezpośredniego zagrożenia dla kopalni.

Omówione wyżej wycieki są najprawdopodobniej zasilane roztworami wodnymi o malejącej mocy rozpuszczania.

Zmiany wydatku wycieku mogą być związane z różnymi drogami dopływu roztworu solanki do wycieku oraz różną prędkością filtracji. Niektóre z dróg przepływu mogą być okresowo niedrożne w wyniku uszczelniania związanego z wytrącaniem się soli z przesyconego roztworu solnego. Udrożnienie tych lub innych dróg krążenia solanki w górotworze może nastąpić nie tylko na drodze rozpuszczania soli ale również na drodze geomechanicznej, wynikającej z otwierania się szczelin. Otwieranie szczelin może nastąpić w wyniku odprężania górotworu po robotach strzałowych.

Inne zjawiska wodne obserwowane w rejonie wycieku 55/750 pozwalają na sformułowanie generalnego wniosku dotyczącego wycieków tego rejonu. Prawie wszystkie wycieki w rejonach prowadzenia robót górniczych w tym w szczególności strzałowych, po pojawieniu się w postaci wykropleń, mokrych lub zawilgoconych ścian wyrobiska po kilku dniach, miesiącach lub latach zanikają. Dotyczy to również tych wycieków, które charakteryzowała zmienna wydajność.

#### LITERATURA

- ANDRUSIKIEWICZ W., KROKOS K., 2015, Zagrożenia naturalne w Kopalni Soli „Kłodawa” S.A. – stan aktualny, Przegląd Solny, 11, 57-65, Kraków.
- BURLIGA S., 2017, Określenie możliwości dróg migracji płynu w rejonie anhydrytu głównego w aspekcie warunków geologiczno – górniczych pomiędzy poziomem 600 do poziomu 750 m., Archiwum KS Kłodawa.
- DULIŃSKI M., RÓŻAŃSKI K., GORCZYCA Z., 2017, Badania składu izotopowego prób solnych pobranych w okresie od stycznia do marca 2017 roku w kopalni soli w Kłodawie; Towarzystwo Badania Przemian Środowiska „Geosfera”; Kraków.
- DULIŃSKI M., RÓŻAŃSKI K., GORCZYCA Z., 2018, Skład izotopowy ługu solnego z wycieku 55/750 pobranej 19.06.2017 roku w kopalni soli w Kłodawie; Towarzystwo Badania Przemian Środowiska „Geosfera”; Kraków.
- MALATA M., MOTYKA J., D’OBYRN K., POSTAWA A., 2018, Skład chemiczny wody w zatopionej odkrywcze gipsu „Gacki” (niecka nidziańska), Górniczo Odkrywkowe, 2, 43-49, Wrocław.

MOTYKA J., 2012, Ekspertyza hydrogeologiczna dotycząca możliwości uruchomienia eksploatacji w południowo-wschodniej części pola nr 2 w rejonie tzw. „komór literowych” w interwale głębokościowym 600-750 m w związku z występującym w tym rejonie zagrożeniem wodnym związanym głównie z wyciekami nr 30/619, Kraków.

MOTYKA J., BEZKOROWAJNY A., BORCZAK S., CZOP M., KNAP W., PIETRUCIN D., STOCHEL B., 2013, Dokumentacja hydrogeologiczna złoża „Kłodawa 1”, Stowarzyszenie Naukowe im. St. Staszica, Kraków,

STASZCZAK W., KROKOS K., 2017, Charakterystyka zagrożenia wodnego w Kopalni Soli „Kłodawa” na przykładzie wybranych zjawisk, Przegląd Solny, 13, 115-121, Kraków.