



Pomiary konwergencji wyrobisk chodnikowych w Kopalni Soli „Kłodawa” S.A.

Convergence measurements of drift excavation in Salt Mine „Kłodawa” S.A.

Damian KURDEK

Kopalnia Soli „Kłodawa” S.A., Aleja 1000-lecia 2, 62-650 Kłodawa, dkurdek@sol-klodawa.com.pl

STRESZCZENIE

W Kopalni Soli „Kłodawa” pomiary konwergencji wyrobisk chodnikowych wykonuje się w polu nr 1 i 2. Cykliczne pomiary prowadzi się prawie 40 lat na stacjach obserwacyjnych w wybranych rejonach. Obserwacje wykonuje się na bazach pomiarowych poziomych i pionowych w cyklu rocznym. Wyniki pomiarów konwergencji przedstawiono jako sumaryczne przemieszczenie baz pomiarowych, a także na wykresie jako średnią prędkość konwergencji chodnikowej. Z przeprowadzonych pomiarów wynika, że największa konwergencja jest na najniższym poziomie danego pola.

Słowa kluczowe: pomiary konwergencji, bazy pomiarowe, wyrobisko górnicze, pola eksploatacji, Kopalnia soli „Kłodawa”

ABSTRACT

Convergence measurements of mine workings in Kłodawa salt mine are performed in the mining fields No. 1 and 2. Cyclic measurements are carried out for almost 40 years at observation stations in selected regions. Observations are made in horizontal and vertical measuring bases in an annual cycle. The results of convergence measurements are presented as a summary displacement of the measurement bases, as well as in a graph as the average speed of gallery convergence. The measurements showed that the largest convergence is registered at the lowest level of each mining field.

Key words: convergence measurements, measurement bases, mining excavation, exploitation fields, Kłodawa salt mine

WSTĘP

W Kopalni Soli „Kłodawa” S.A. wykonuje się cykliczne pomiary konwergencji wyrobisk górniczych w celu obserwacji ruchów górotworu. Pomiary konwergencji wyrobisk chodnikowych są jednym z wielu rodzajów pomiarów wykonywanych w kopalni. Pomiary te prowadzi się od końca roku 1979 w dwóch polach nr 1 i 2, a także przy wybranych zjawiskach wodnych. W polu 1 eksploatacja zakończyła się w latach 80-tych XX wieku, natomiast pole nr 2 jest w trakcie eksploatacji. Jednocześnie w tych polach wykonuje się pomiary konwergencji wyrobisk komorowych. Dzięki prowadzeniu pomiarów konwergencji w różnych wyrobiskach górniczych można zaobserwować odmienne tendencje rozwoju deformacji górotworu.

AKTUALNA SYTUACJA GÓRNICZA W POLU 1 I 2

Pole nr 1 jest usytuowane wzdłuż rozciągłości wysadu na kierunku NW-SE, a jego długość wynosi ok. 1000 m. Wyrobiska górnicze pola nr 1 znajdują się w pewnym oddaleniu od naturalnych granic wysadu w tym rejonie. Od NE granicy wysadu pole oddziela filar bezpieczeństwa (brzeżny), którego szerokość do poziomu 600 m wynosi 50 m. Z drugiej strony, (SW), pole ogranicza gruba warstwa zubru brunatnego. Od strony stropowej wyrobiska pola nr 1 zabezpiecza stropowa półka bezpieczeństwa o grubości 150 m wyznaczona poniżej zwierciadła solnego wysadu. Ponad polem nr 1 zalega czapa iłowo-gipsowo-anhydrytowa o grubości 100÷150 m, a nad nią pozostałe warstwy nadkładowe.

W związku z występowaniem zagrożeń naturalnych w polu nr 1, zostało ono zakwalifikowane zarządzeniami Kie-

rownika Ruchu Zakładu Górniczego do następujących stopni i kategorii zagrożeń:

- zagrożenie wodne – III stopień; a w przypadku rozpoczęcia robót górniczych związanych z postępowaniem przy użyciu materiału wybuchowego:
- zagrożenie wyrzutami gazów i skał – III kategoria;
- zagrożenie metanowe – II kategoria.

Wyrobiska przygotowawcze (korytarzowe) prowadzone były wzdłuż i poprzecznie do rozciągłości wysadu, natomiast wyrobiska eksploatacyjne (komorowe) prowadzone były poprzecznie do rozciągłości. W polu nr 1 dotychczas zaprojektowano i wyeksploatowano 6 poziomów wydobywczych począwszy od poziomu 475 m do poziomu 600 m.

W obrębie pola nr 1 można napotkać dwa rodzaje wyrobisk eksploatacyjnych:

- a) komory płaskie,
- b) komory prostopadłościennne wysokie.

Komory płaskie są najpowszechniejszym wyrobiskami w polu nr 1, a także w pozostałych polach eksploatacyjnych. W polu nr 1 do poziomu 600 m eksploatację prowadzono przy zachowaniu modułu międzypoziomowego 25 m (odległość między spągami komór). Moduł poziomy (odległość między osiami komór) w całym polu wynosi 30 m. Komory płaskie mają wymiar poprzeczny 15 × 15 m, wobec czego miąższość półki międzypoziomowej wynosi 10 m, natomiast grubość filara międzykomorowego wynosi 15 m.

Komory prostopadłościennne występują w polu nr 1 w ilości kilkunastu sztuk, wszystkie zlokalizowane są na poziomie 600 m (spąg komór). Wysokość tych komór jest zróżnicowana – wynosi od ok. 25 do 150 m.

Prawie wszystkie komory wysokie zostały wypełnione w zakresie od 90 do 100 %. Materiałem wypełniającym wymienione komory jest skała płona. Eksploatacja w polu 1 prowadzona była przy wykorzystaniu techniki strzelniczej. Od strony technologicznej eksploatacja była prowadzona systemem stropowo-schodowym oraz system spągowo-schodowym. Aktualnie w tym polu nie są prowadzone żadne prace górnicze (Andrusikiewicz i in., 2011; Cała i in., 2016).

Pole nr 2 jest usytuowane wzdłuż rozciągłości wysadu na kierunku NW-SE, a jego długość wynosi ok. 1500 m. Wyrobiska górnicze pola nr 2 znajdują się w pewnym oddaleniu od naturalnych granic wysadu w tym rejonie. Od granicy NE wysadu pole oddziela filar bezpieczeństwa, którego szerokość do poziomu 600 m wynosi 50 m, natomiast poniżej jego szerokość ustalono na 75 m. Z drugiej strony (SW), pole ogranicza gruba warstwa anhydrytu o miąższości 40÷50 m, potocznie zwana „murem anhydrytowym”. Z uwagi na potencjalne zagrożenia naturalne pochodzące z tej strony (zagrożenie gazowe, wodne) pomiędzy „murem” a wyrobiskami pola nr 2 pozostawiono filar bezpieczeństwa o szerokości 30 m. Od strony stropowej wyrobiska pola 2 zabezpiecza stropowa półka bezpieczeństwa o miąższości 150÷200 m wyznaczona

poniżej zwierciadła solnego wysadu. Ponad polem nr 2 zalega czapa ilowo-gipsowo-anhydrytowa o grubości 100÷150 m, a nad nią pozostałe warstwy nadkładowe.

W związku z występowaniem zagrożeń naturalnych w polu nr 2 zostało ono zakwalifikowane przez Kierownika Ruchu Zakładu Górniczego do następujących stopni i kategorii zagrożeń:

- zagrożenie wodne – III stopień;
- zagrożenie wyrzutami gazów i skał – III kategoria;
- zagrożenie metanowe – II kategoria.

Wyrobiska przygotowawcze (korytarzowe) prowadzone są wzdłuż i poprzecznie do rozciągłości wysadu, natomiast wyrobiska eksploatacyjne (komorowe) prowadzone są poprzecznie do rozciągłości. W polu nr 2 zaprojektowano 10 poziomów wydobywczych począwszy od poziomu 500 m do poziomu 750 m.

W obrębie pola nr 2 można spotkać trzy rodzaje wyrobisk eksploatacyjnych:

- a) komory płaskie,
- b) komory prostopadłościennne,
- c) komory cylindryczne.

Komory płaskie są najpowszechniejszym wyrobiskami w polu nr 2, a także w pozostałych polach eksploatacyjnych. W polu nr 2 do poziomu 600 m eksploatację prowadzono przy zachowaniu modułu międzypoziomowego 25 m (odległość między spągami komór), natomiast poniżej poziomu 600 m moduł ten zwiększono do 30 m. Moduł poziomy (odległość między osiami komór) w całym polu wynosi 30 m. Wraz ze zwiększaniem się głębokości eksploatacji zmieniały się wymiary poprzeczne komór, półek międzypoziomowych i filarów międzykomorowych.

Komory prostopadłościennne występują w polu nr 2 w ilości kilkunastu sztuk, wszystkie zlokalizowane są powyżej poziomu 575 m. Dokładna lokalizacja tych komór jest następująca: 9 komór na poziomie 525 m w osiach 8-16, 7 komór na poziomie 550 w osiach 22-28, oraz 5 komór na poziomie 575 w osiach 37-41. Wysokość tych komór wynosi 30 m, szerokość 15 m. Filar międzykomorowy ma szerokość 15 m, natomiast ponad nimi nie ma żadnych innych wyrobisk komorowych. Związane jest to z nachyleniem półki bezpieczeństwa, która w tym rejonie zapada z kierunku SE w stronę NW.

Komory cylindryczne zlokalizowane są w centralnej, najszerszej części pola nr 2 od strony SW, pomiędzy osiami komór 12 a 20. Komory cylindryczne w ilości 18 sztuk zlokalizowane są pomiędzy poziomami 500 m – 600 m. Średnica komór wynosi 24 m, natomiast filar międzykomorowy w największym miejscu wynosi 16 m. Wysokość komór jest zróżnicowana i wynosi 75 lub 100 m.

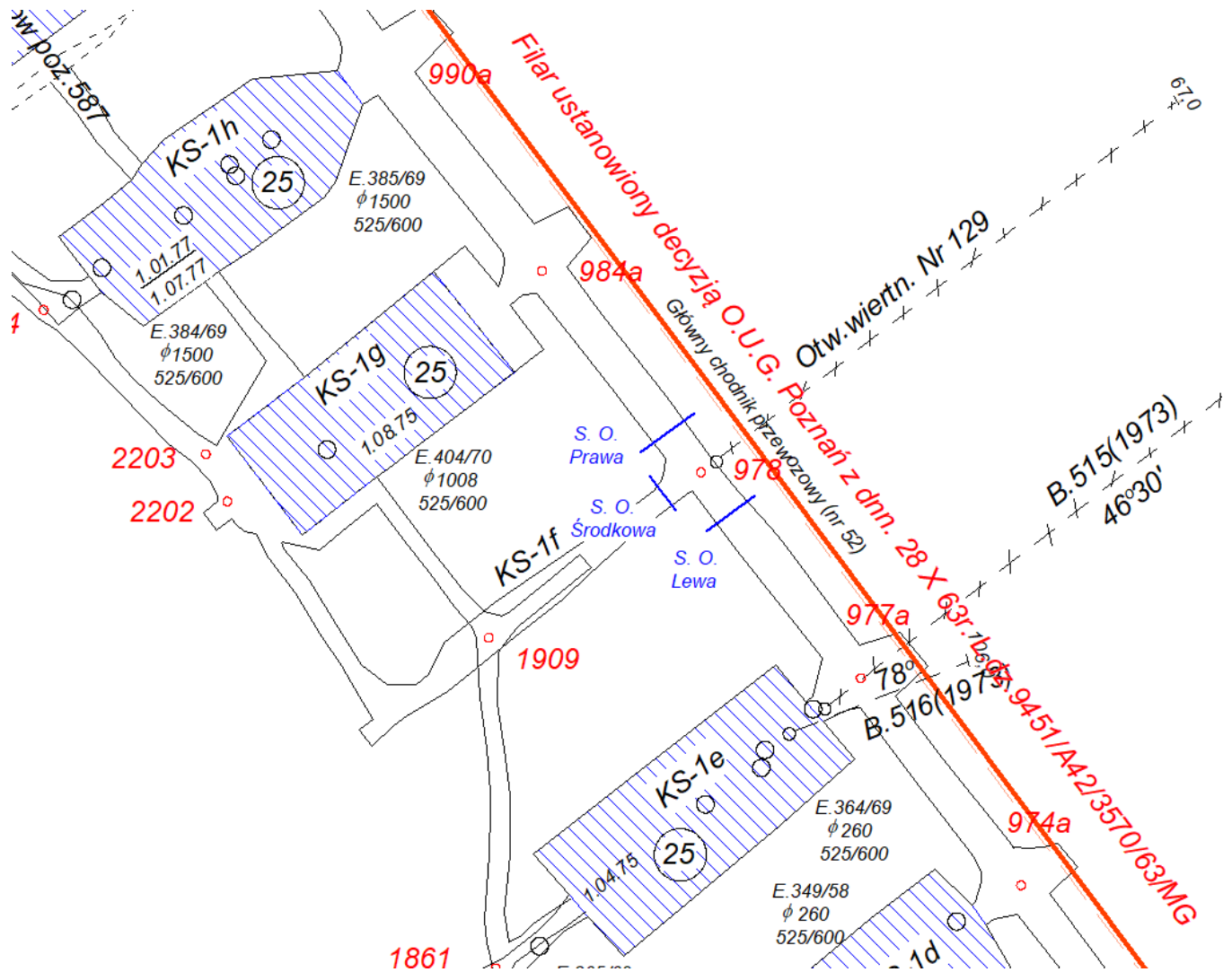
W chwili obecnej eksploatacja w polu nr 2 prowadzona jest systemem komór płaskich przy wykorzystaniu techniki strzelniczej. Od strony technologicznej eksploatacja prowa-

dzona jest systemem stropowo-schodowym oraz systemem spągowo-schodowym (Cała i in., 2016).

CHARAKTERYSTYKA POMIARÓW KONWERCYJJI CHODNIKOWEJ

W 1979 roku w kopalni założono pierwsze stacje obserwacyjne. Stacje obserwacyjne składają się z bazy konwergencji liniowej poziomej i pionowej stabilizowanej metalo-

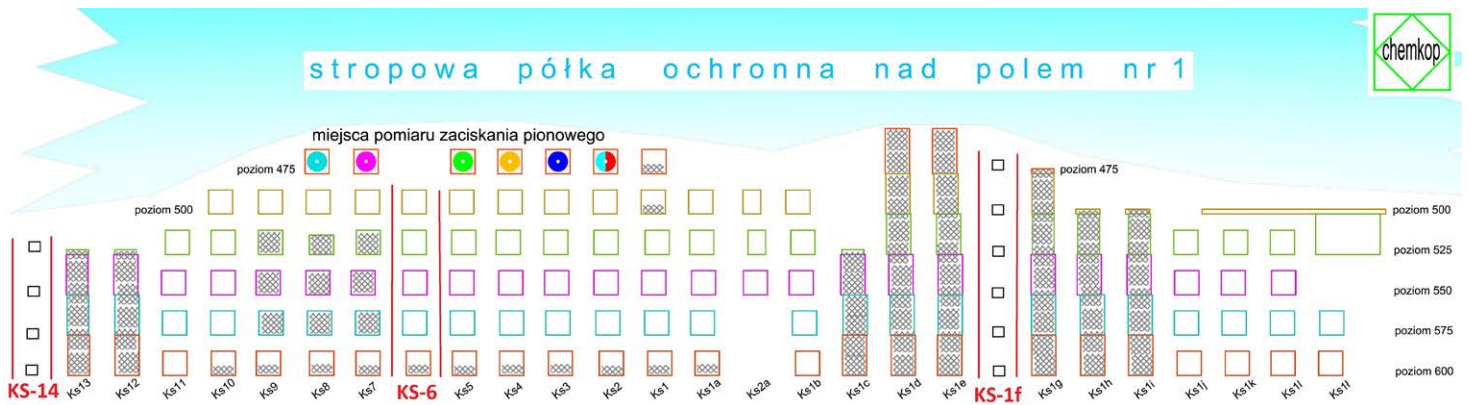
wymi bolcami. W wytypowanych miejscach stabilizuje się po trzy stacje obserwacyjne tj. lewa, środkowa i prawa (Ryc. 1.). Pomiaru odległościowego dokonuje się za pomocą dalmierza laserowego, gdzie dokładność pomiaru odległości wynosi ± 1 mm, a uwzględniając błąd celowania oraz błąd przyłożenia, to dla całości błąd pomiaru konwergencji liniowej wynosi $\pm 2,5$ mm. Pierwsze pomiary wykonywano co 3 miesiące, a w chwili obecnej przyjęto, że obserwacji dokonuje się raz w roku.



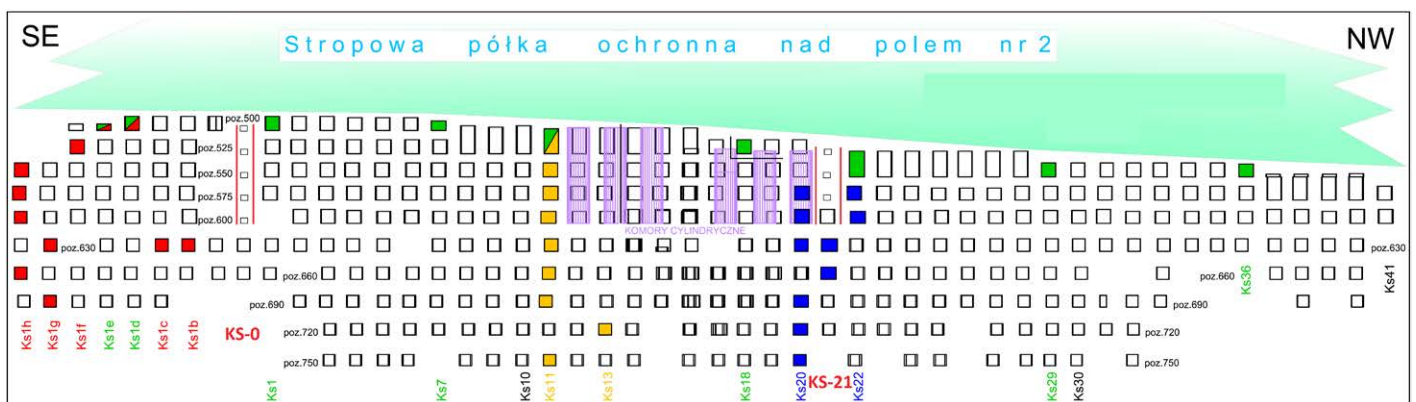
Ryc. 1. Przykład stabilizacji baz pomiarowych w polu nr 1 w KS-1f na poziomie 600
Fig. 1. An example of measuring bases stabilization in the field No. 1 in KS-1f at level 600

W polu nr 1 wytypowano trzy rejony od poziomu 475 m do 600 m w KS-1f, KS-6, KS-14, gdzie dokonano stabilizacji baz pomiarowych i wykonuje się cykliczne pomiary konwergencji chodnikowych (Ryc. 2.). Stacje obserwacyjne znajdują się przy filarze brzeżnym, który wyznaczono od granicy wysadu. W przypadku stacji obserwacyjnej KS-1f pomiary dokonuje się jedynie na poziomie 600 m, ze względu na brak możliwości dostępu do wyrobisk na wyższych poziomach.

Wyrobisko KS-1f jest chodnikiem komorowym, które znajduje się mniej więcej w środku pola nr 1, a także co ważne ze strony interpretacji wyników między wyrobiskami komorowymi wysokimi, które były eksploatowane od poziomu 450 m do 600 m, a obecnie są wypełnione skałą płoną. Wyrobisko komorowe KS-6 znajduje się w środku rejonu, gdzie była prowadzona eksploatacja komorowa. Wyrobisko KS-14 jest chodnikiem komorowym, które znajduje się na końcu pola nr 1 tuż za wyrobiskami komorowymi.



Ryc. 2. Lokalizacja baz pomiarowych w polu nr 1 na przekroju ortogonalnym
 Fig. 2. Location of measurement bases in the field No. 1 on an orthogonal cross-section



Ryc. 3. Lokalizacja baz pomiarowych w polu nr 2 na przekroju ortogonalnym. Objasnienia jak na Ryc. 2
 Fig. 3. Location of measurement bases in field No. 2 on an orthogonal cross-section. Explanations as on Fig. 2

W polu nr 2 wytypowano dwa rejony od poziomu 500 m do 600 m w pionie komór KS-0, KS-21, gdzie dokonano stabilizacji baz pomiarowych i wykonuje się cykliczne pomiary konwergencji chodnikowych (Ryc. 3.). Stacje obserwacyjne znajdują się przy filarze brzeżnym, który wyznaczono od granicy wysadu. W przypadku stacji obserwacyjnej na poziomie 600 m, ze względu na wykonywane roboty górnicze większość baz pomiarowych uległa zniszczeniu.

Wyrobnisko KS-0 jest chodnikiem komorowym do poziomu 600 m, które znajduje się mniej więcej na początku pola. KS-21 na poziomie 600 m jest wyrobiskiem komorowym, a powyżej chodnikiem komorowym i znajduje się prawie w środku pola eksploataowanego.

WYNIKI POMIARÓW KONWERGENCJI CHODNIKOWYCH W POLU NR 1 I 2

W celu przedstawienia wyników pomiarów konwergencji chodnikowej wykonano zestawienie sumaryczne dla każdej bazy pomiarowej (Tab. 1 i 2).

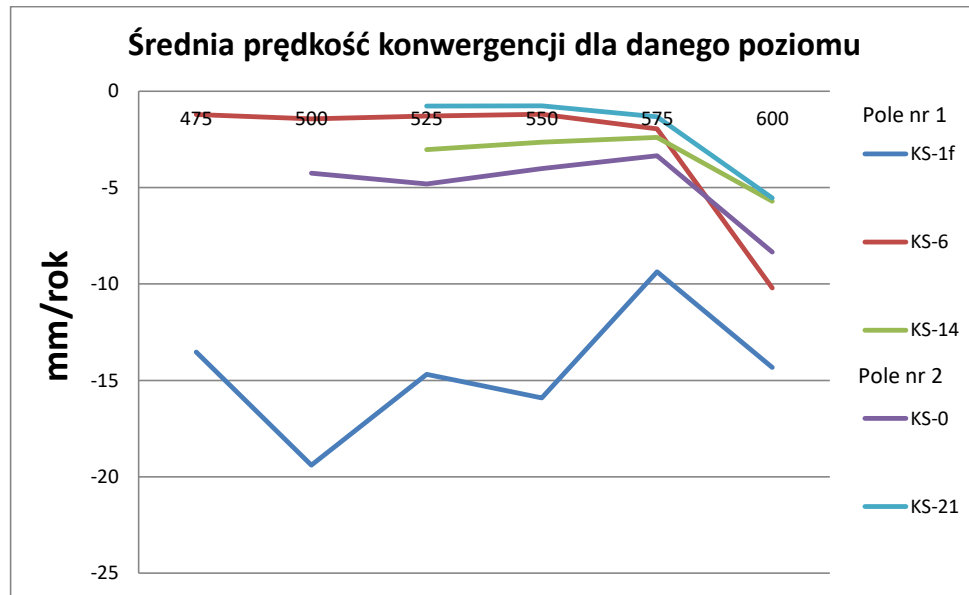
Jak wynika z przedstawionych tabel największa konwergencja jest na najniższym poziomie w danym polu. Z większości obserwacji wynika, że konwergencja pionowa jest większa niż szybkość zaciskania konwergencji poziomej. Można również zauważyć różnice w szybkości zaciskania między bazami pomiarowymi środkową, lewą i prawą na tym samym poziomie (Bieniasz, Pietras, 2017). Na Ryc. 4. przedstawiono wykres średniej prędkości konwergencji chodnikowej w polu nr 1 i 2 na poszczególnych poziomach eksploatacyjnych. Największa prędkość konwergencji odnotowano na najniższym poziomie w danym polu. W przypadku wyrobiska KS-1f prędkość konwergencji jest większa od konwergencji w pozostałych wyrobiskach, ale wynika to z faktu, że okres obserwacji dla poziomów 475 m – 525 m wynosił 8 lat, a dla poziomu 550 m – 575 m wynosił 14 lat. W związku z tym, można zauważyć, że początkowo prędkość zaciskania jest szybsza, a później prędkość konwergencji maleje.

Tab. 1. Sumaryczne przemieszczenie baz pomiarowych w polu nr 1
Table 1. Total displacement of measurement bases in field No. 1

Sumaryczne przemieszczenie baz pomiarowych w polu nr 1 [mm]							
KS-1f							
	Lewa		Środek		Prawa		Ilość obserwacji w latach
Poziom	poziom	pion	poziom	pion	poziom	pion	
475	-131	-123	-81	-81	-102	-107	7,7
500	-108	-163	-144	-99	-144	-180	7,2
525	-137	-133	-181	-202	-44	-52	8,5
550	-265	-255	-329	-259	-122	-125	14,2
575	-	-	-178	-224	-73	-57	14,2
600	-601	-519	-552	-	-553	-569	39
KS-6							
	Lewa		Środek		Prawa		Ilość obserwacji w latach
Poziom	poziom	pion	poziom	pion	poziom	pion	
475	-41	-51	-35	-40	-56	-53	38
500	-55	-51	-62	-44	-45	-69	38
525	-50	-54	-52	-58	-39	-40	38
550	-49	-45	-38	-57	-43	-40	38
575	-107	-114	-66	-86	-38	-35	38
600	-218	-475	-314	-404	-466	-511	39
KS-14							
	Lewa		Środek		Prawa		Ilość obserwacji w latach
Poziom	poziom	pion	poziom	pion	poziom	pion	
525	-116	-161	-90	-71	-108	-145	38
550	-105	-128	-69	-78	-101	-121	38
575	-100	-121	-77	-72	-77	-99	38
600	-205	-245	-221	-252	-191	-221	39

Tab. 2. Sumaryczne przemieszczenie baz pomiarowych w polu nr 2
Table 2. Total displacement of measurement bases in field No. 2

Sumaryczne przemieszczenie baz pomiarowych w polu nr 2 [mm]							
KS-0							
	Lewa		Środek		Prawa		Ilość obserwacji w latach
Poziom	poziom	pion	poziom	pion	poziom	pion	
500	-155	-181	-155	-136	-162	-207	39
525	-200	-186	-175	-179	-173	-213	39
550	-153	-178	-145	-147	-149	-168	39
575	-166	-111	-100	-125	-143	-138	39
600	-295		-367	-314			39
KS-21							
	Lewa		Środek		Prawa		Ilość obserwacji w latach
Poziom	poziom	pion	poziom	pion	poziom	pion	
525	-36	-32	-26	-28	-30	-28	39
550	-36	-29	-20	-18	-48	-26	39
575	-70	-63	-37	-37	-48	-54	39
600	-210				-222		39



Ryc. 4. Wykres średniej prędkości konwergencji chodnikowej w polu nr 1 i 2
 Fig. 4. The average speed of gallery convergence in the fields No. 1 and 2

PODSUMOWANIE

Pomiary konwergencji chodnikowych, które są wykonywane w kopalni prawie 40 lat dostarczają informacji o zachodzących zmianach w górotworze solnym. Z przeprowadzonych pomiarów konwergencji chodnikowej wynika, że największa prędkość konwergencji jest rejestrowana na najniższym poziomie w danym polu. W stacjach obserwacyjnych można zauważyć, że dla poszczególnych baz pomiarowych w danym rejonie są różnice w prędkości zaciskania. Nie zauważa się wzrostu prędkości konwergencji w polu nr 2, gdzie eksploatacja jest prowadzona na niższych poziomach. W najbliższym czasie kopalnia zamierza zastabilizować nowe stacje obserwacyjne w polu nr 2 na niższych poziomach tj. od poziomu 630 m do 780 m.

SUMMARY

The measurements of the underground corridor convergence that have been carried out in the Salt Mine during nearly forty years, provide data about the changes occurring in the salt rock mass. The measurement indicate that the highest convergence rate was recorded at the lowest levels of specific fields. Differences in convergence rates were identified at the observation stations and particular benchmarks in each area.

No convergence rate acceleration was determined in Field 2 where mining operations have been conducted at the levels below that field. Soon, the mine management intends to install new observation stations at lower levels of Field 2, at the levels from 630 m to 780 m.

LITERATURA

- BIENIASZ J., PIETRAS J., 2017. Wykonanie pomiarów [wraz z opracowaniem i analizą] konwergencji komór, filarów i półek międzykomorowych w polach eksploatacyjnych nr 1, 2, 3 i 5 Kopalni Soli Kłodawa – kontynuacja.
- ANDRUSIKIEWICZ W., CAŁA M., POBORSKA-MŁYNARSKA K., KOWALSKI M., ADAMCZYK J., BETLEJ M., KOLANO M., WARTAK K., 2011. Koncepcja eksploatacji soli w polach 2, 3 i 5 poniżej poziomu 750 wraz z analizą ekonomiczną efektywności przedsięwzięcia w Kopalni Soli „Kłodawa” S.A. Etap 1 Geomechaniczna ocena możliwości podjęcia eksploatacji podpoziomowej w polu nr 2 poniżej poziomu 750. Fundacja Nauka i Tradycje Górnicze; Kraków.
- CAŁA M., TAJDUŚ A., ANDRUSIKIEWICZ W., KOWALSKI M., ADAMCZYK J., BLAJER M., KOLANO M., STOPKOWICZ A., SZCZYGIELSKI M., 2016. Geomechaniczna ocena możliwości eksploatacji w Polu nr 1 poniżej poziomu 600m z jednoczesnym wypełnieniem pustek poeksploatacyjnych powyżej poziomu 600m. Fundacja Nauka i Tradycje Górnicze; Kraków.