

*Krzysztof Pierzchała\*, Paweł Urbański\*, Dariusz Latoń\**

## NOWE ROZWIĄZANIA TECHNICZNE W SYSTEMACH ODWADNIANIA W PGE KWB BEŁCHATÓW SA

---

### 1. Wstęp

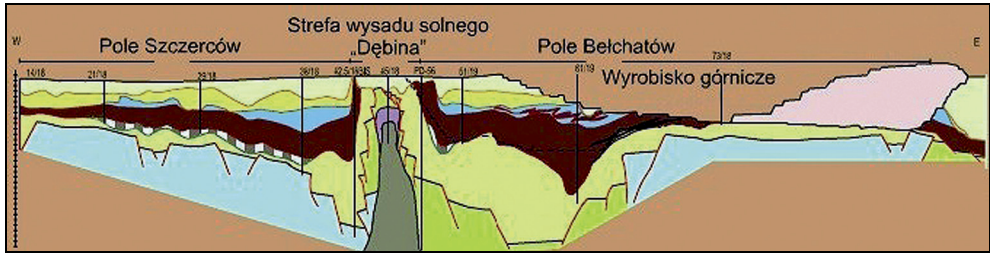
Odwadnianie wyrobisk górniczych w kopalni odkrywkowej jest niezwykle ważnym procesem. Skuteczny system odwodnienia gwarantuje bezpieczeństwo prowadzenia robót górniczych. Dodatkowo odwodnienie nie jest obojętne dla środowiska, dlatego też z wielką uwagą prowadzimy szczegółowy monitoring umożliwiający obserwację osiąganych efektów i zmian warunków hydrogeologicznych i hydrochemicznych. Różnorodność i ilość stosowanych pomp, a przy tym ekstremalne warunki ich eksploatacji, wyróżniają kopalnię na tle innych użytkowników. Ilość wody, którą w ciągu roku pompujemy i odprowadzamy do rzek wynosi blisko 270 mln m<sup>3</sup>, co przy rocznym wydobyciu węgla na poziomie 33 mln ton, daje wskaźnik ponad 8 m<sup>3</sup> na 1 tonę węgla. Przy takich wielkościach proces odwodnienia — niezwykle trudny i skomplikowany — wymaga od kadry inżynierjno-technicznej wysokich kwalifikacji teoretycznych i praktycznych ciągle uzupełnianych o nowe wprowadzane urządzenia pomiarowo-kontrolne.

### 2. Automatyzacja systemu odwadniania wglębnego na przykładzie bariery studni wysadu solnego „Dębina” [4]

Wysad solny „Dębina” powstał w centralnej części trzeciorzędowego rowu Kleszczowa, przez przebicie się na przełomie pliocenu i plejstocenu mas solnych z utworów perm-skich przez utwory mezozoiczne i kenozoiczne. Rozdziela on w sposób naturalny złożę węgla brunatnego „Bełchatów” na Pole „Bełchatów” i Pole „Szczerców”.

---

\* PGE KWB Bełchatów SA, Rogowicz

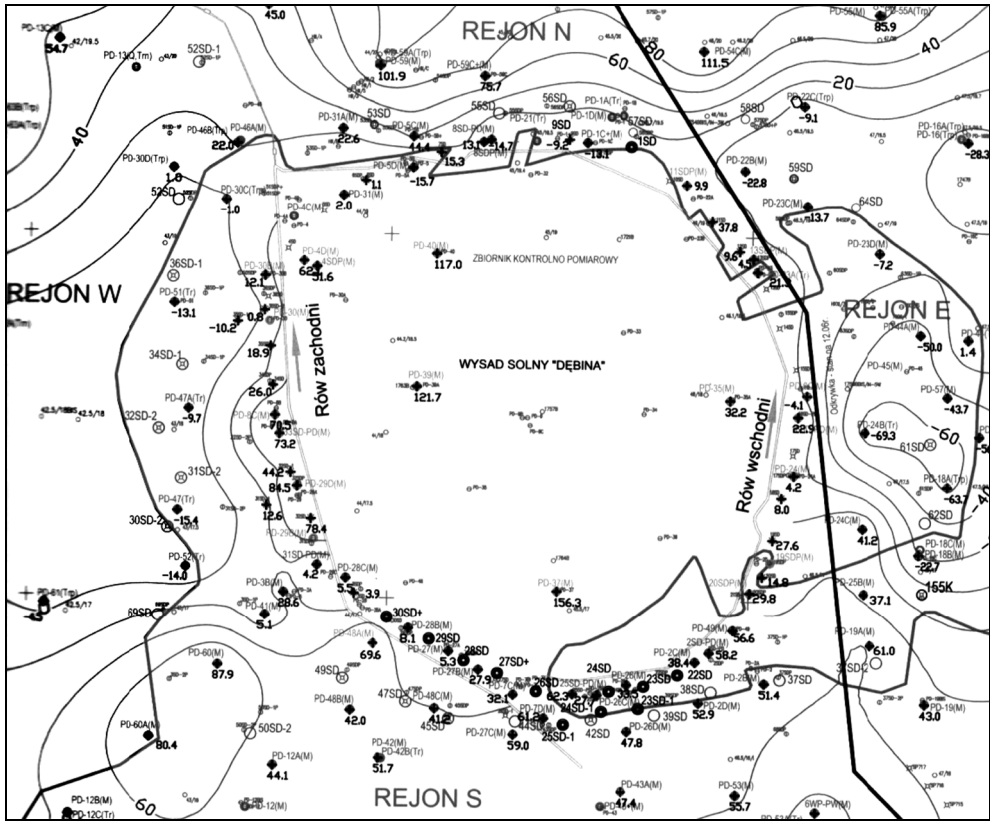


**Rys. 1.** Przekrój geologiczny złoża „Belchatów” [6]

Wysad solny ma kształt owalnego pnia i w centralnej części jego strop zalega na głębokości około 150 m (rys. 1). W warunkach naturalnych wysad solny pozostawał w równowadze hydrochemicznej z wodami podziemnymi występującymi w jego otoczeniu. Rozpoczęcie eksploatacji złoża węgla brunatnego wymusiło prowadzenie prac odwodnieniowych na niespotykaną skalę. Zastosowano do tego celu wyłącznie studzienny system odwadniania z wykorzystaniem głębokich studni wielkośrednicowych. Proekologiczną barierę ochronną wysadu solnego „Dębina” zaprojektowano i zrealizowano jako pierścieniową barierę studni głębinowych, która pełni rolę ekranu hydraulicznego. Studnie rozmieszczone są, co kilkadziesiąt metrów centrycznie wokół wysadu, na okręgu o średnicy około 900 m. Obecnie w eksploatacji jest 40 studni głębinowych, o głębokościach dochodzących nawet do 430 m (rys. 2 i 3).



**Rys. 2.** Studnie bariery ochronnej [6]



Rys. 3. Układ bariery [6]

## 2.1. Zastosowane rozwiązania techniczne

Do realizacji pomiarów i sterowania urządzeniami studni i piezometrów zastosowano (rys. 4):

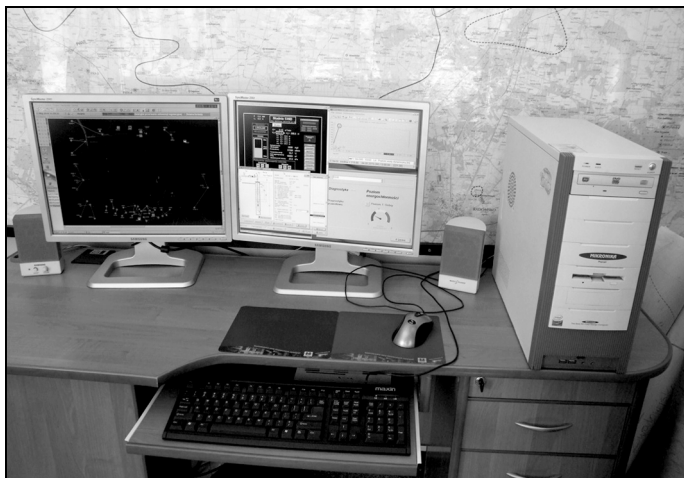
- hydrostatyczne sondy głębokości odporne na zanieczyszczenia chemiczne i mechaniczne, realizujące dokładny pomiar poziomu zwierciadła wody w studniach i piezometrach;
- zespół pomiarowy zawierający: przepływomierz elektromagnetyczny realizujący pomiar wydajności pompy, sondę konduktometryczną do pomiaru stężenia jonów chlorkowych i czujnik temperatury wody;
- przepustnicę z napędem ręcznym i elektrycznym umożliwiającą regulację dławienią pompy głębinowej;
- przetwornik realizujący pomiar ciśnienia przed przepustnicą.



**Rys. 4.** Urządzenia pomiarowe studni [6]

System informatyczny automatyzacji pracy studni i monitoringu piezometrów odwodnienia wysadu solnego „Dębina” składa się z:

- Systemu Nadzoru Doradztwa i Sterowania Energetycznego — SYNDIS RV firmy Mikronika,
- Systemu Eksploatacji Głębinych Agregatów Pompowych — SEGAP2000 firm MAST/VEA Expert Systems,
- Systemu SEGAP Agregaty Pompowe — baza danych o pompach i silnikach głębinych.



**Rys. 5.** Stanowisko dyspozytora [6]

Całość prac związanych z obsługą wyżej wymienionych systemów realizowana jest w interfejsie graficznym Syndis-Segap.

Pomiary z wyżej wymienionych urządzeń przekazywane są połączeniami przewodowymi i radiowymi do szafki telemechaniki, z szafek łączami radiowymi do koncentratora a następnie za pośrednictwem łącza światłowodowego, połączeń sieciowych Ethernet do stanowiska operatorskiego (rys. 5), na którym zainstalowane jest oprogramowanie systemowe. Za jego pomocą dyspozytor prowadzi nadzór nad pracą bariery.

## 2.2. Wizualizacja i sterowanie pracą bariery ochronnej — komputerowe stanowisko operatorskie

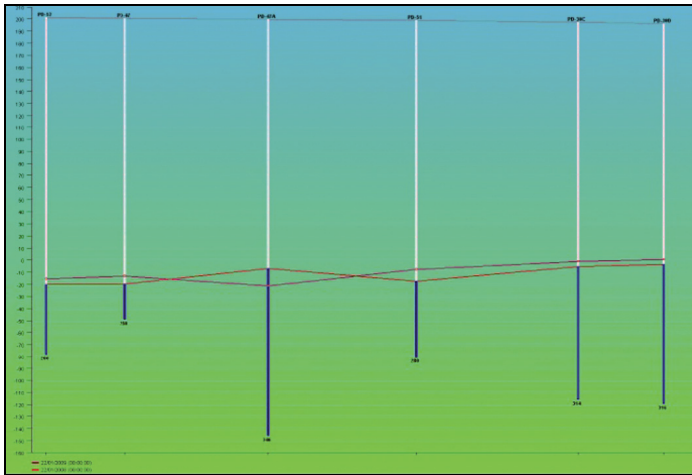
Specjalistyczne oprogramowanie służy do wizualizacji mierzonych parametrów pracy bariery (rys. 6) oraz zdalnego sterowania urządzeniami zainstalowanymi w instalacjach studziennych i w piezometrach bariery ochronnej. Dodatkowo z systemu nadzoru nad stacjami energetycznymi pobierane są parametry energetyczne pracy głębinowych agregatów pompowych, tj. napięcie zasilania, natężenie prądu i moc, które wykorzystywane są do diagnostyki sprawności agregatów [1]. Stanowisko operatorskie pełni także funkcję serwerów (podstawowego i rezerwowego) systemu.



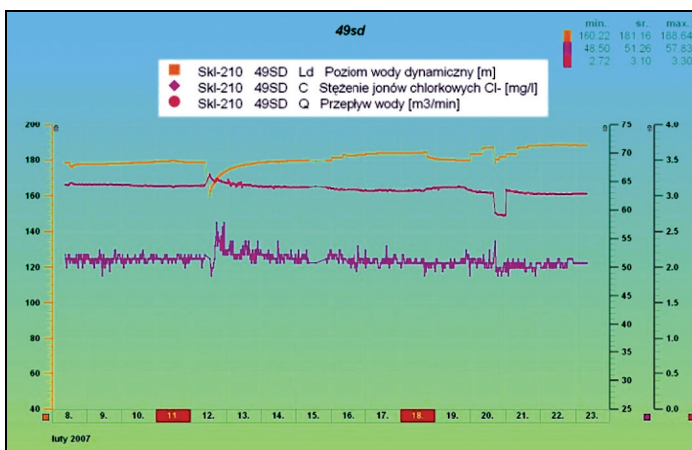
Rys. 6. Interfejs graficzny stanowiska operatorskiego [6]

Oprogramowanie systemowe umożliwia:

- dostęp do bieżących i archiwalnych danych (rys. 9 i 10);
- sterowanie pracą pompy (rys. 9 i 10);
- prezentację generowanych wyników pomiarów ze studni i piezometrów, również w trybie „on-line”;
- obserwację monitora chlorków i przepływu w rowach;
- graficzną i tabelaryczną analizę wybranych parametrów w czasie (rys. 7 i 8);



Rys. 7. Obserwacja zmiany położenia zwierciadła w wybranych piezometrach [6]

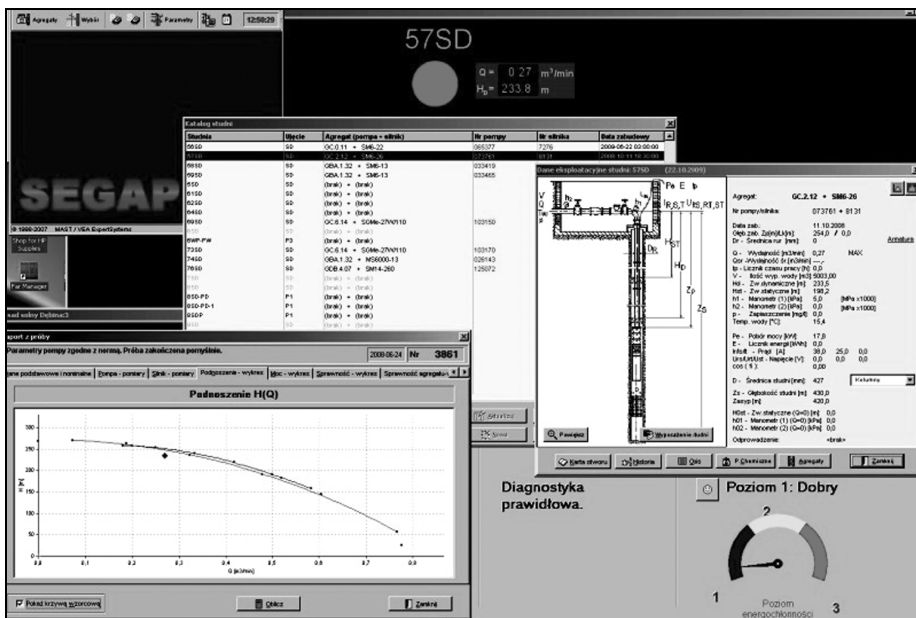


Rys. 8. Graficzna analiza wybranych parametrów studni [6]

- dostęp do baz danych Systemu Eksploatacji Głębinych Agregatów Pompowych (rys. 9 i 10);
- diagnostykę agregatów pompowych (rys. 9 i 10);
- przegląd zdarzeń i alarmów generowanych przez system.

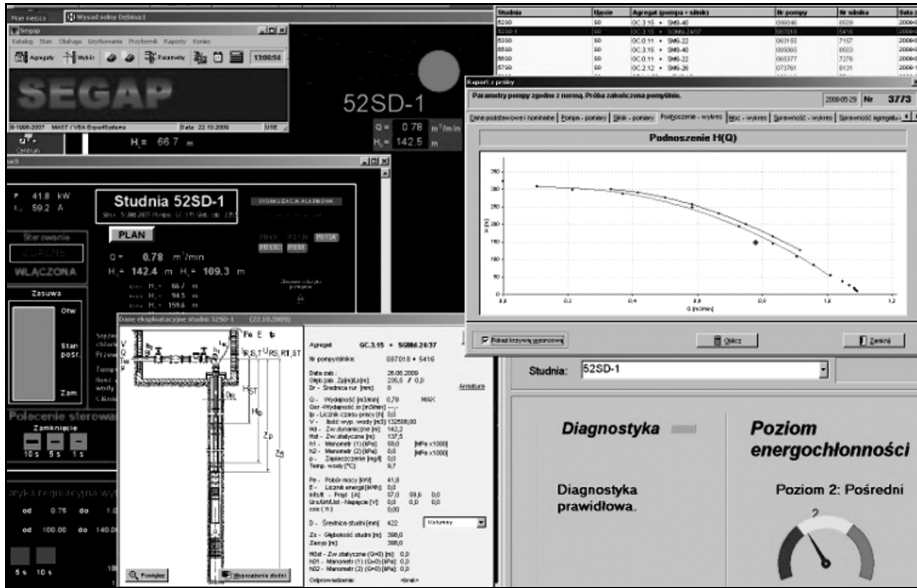
Dzięki tym możliwościom operator systemu nadzoru ma bezpośrednią kontrolę nad zautomatyzowanymi obiektami bariery i możliwość zdalnego reagowania na zachodzące zmiany. Ma to zasadnicze znaczenia dla prawidłowej pracy bariery. Z punktu widzenia optymalizacji pracy układów pompowych pracujących w studniach bariery bardzo ważne znaczenie ma kontrola i możliwość regulacji pracy układów w celu zapewnienia energooszczędnej eksploatacji głębinych agregatów pompowych [1].

Rysunek 9 przedstawia zestaw informacji generowanych przez opisywany system eksploatacji. Energochłonność układu pompowego jest poprawna [2], tzn. głębiny agregat pompowy pracuje w przedziale stosowności z zadawalającą sprawnością energetyczną. Z wykresu charakterystyki hydraulicznej pompy, uzyskanej na stacji prób po wykonanym remoncie wynika jednak, że punkt współpracy pompy z układem pompowym znajduje się blisko minimalnej wydajności, określonej dla danego typu pompy. Minimalną wydajność, z jaką może pracować pompa ustala użytkownik, indywidualnie dla każdego typu pompy. W sytuacji, gdy zajdzie konieczność dalszego obniżania zwierciadła wody w analizowanej studni, należy podjąć decyzję o wymianie agregatu pompowego na agregat o większej wysokości podnoszenia.



Rys. 9. Energetyczna analiza pracy układu pompowego w wybranej studni [6]

Inną sytuację przedstawia rysunek 10, na którym poziom energochłonności jest pośredni i agregat współpracuje z układem pompowym blisko  $Q_{max}$ . Energochłonność pracy układu jest na granicy opłacalności i tym typem agregatu nie będziemy mogli dalej obniżać poziomu zwierciadła dynamicznego w studni. W związku z tym należy podjąć decyzję o wymianie agregatu na „większy”, o większej wydajności.



Rys. 10. Energetyczna analiza pracy układu pompowego w wybranej studni [6]

### 3. Zastosowanie pomp zatapialnych dużych mocy w pompowniach systemu odwadniania powierzchniowego

Pompy zatapialne to agregaty pompowe, w których zarówno pompa jak i silnik pracują pod powierzchnią wody [3]. Dzieli się na dwie zasadnicze podgrupy różniące się typem silnika. Stosując precyzyjną terminologię można mówić o „pompach zatapialnych z silnikami mokrymi”, tzn. wypełnionymi wodą i o „pompach zatapialnych z silnikami suchymi” tzn. wypełnionymi powietrzem. Ponieważ są to określenia dość długie, w praktyce przyjęło się pierwszą grupę określać w języku polskim, jako „pompy głębinowe”, a drugą, jako „pompy zatapialne”. Pompy zatapialne najczęściej buduje się, jako jednostopniowe, aczkolwiek spotyka się również zatapialne pompy wielostopniowe. [2].

Zalety pomp zatapialnych to:

- Wysoka sprawność wynikająca z wysokiej sprawności silnika „suchego” i braku ograniczeń konstrukcyjnych dotyczących wymiarów;



- Instalacja pomp zatapialnych w stosunku do pomp stacjonarnych jest prostsza, co pozwala na znaczne oszczędności inwestycyjne dotyczące infrastruktury pompowni np. eliminację kontenerów pompowych;
- Pompy zatapialne mogą pracować w szerokim zakresie wahania lustra wody i nie są narażone na awarie wynikające z zalania silnika np. przez opady nawałne;
- Pompy zatapialne nie wymagają zalewania i odpowietrzania, na skutek, czego procedura ich rozruchu jest łatwa;
- Hałas i ciepło emitowane przez pompy zatapialne nie oddziałują na obsługę.

Wady pomp zatapialnych to:

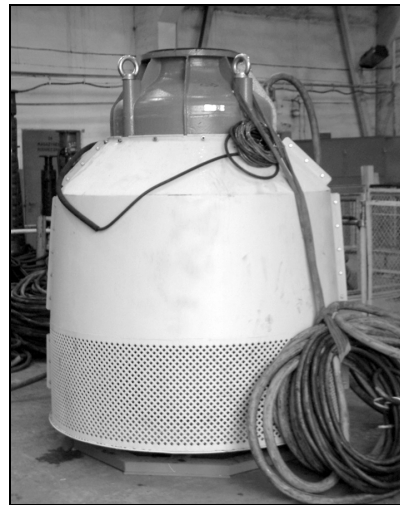
- Wrażliwość na zawilgocenie silnika, co pociąga za sobą konieczność stosowania skutecznych systemów uszczelnienia wału;
- Silnik elektryczny posiada specjalną konstrukcję, a zatem jest droższy od silnika ogólnego przeznaczenia.

### 3.1. Pompy zatapialne dużych mocy

Do niedawna nie produkowano pomp zatapialnych monoblokowych o mocach przekraczających 100 kW. Tę lukę w ofercie polskiego przemysłu wypełniają obecnie pompy o wydajności sięgającej 1500 m<sup>3</sup>/h, wysokości podnoszenia do 100 m i mocach do 500 kW. Są to pompy o oryginalnej, unikatowej konstrukcji opracowanej przez konstruktorów Fabryki Pomp Powen, obecnie Grupa POWEN-WAFAPOMP SA. Powszechnie spotykane rozwiązanie konstrukcyjne jednostopniowych pomp zatapialnych polega na zastosowaniu spirali zbiorczej i króćca tłoczego skierowanego w bok.



**Rys. 11.** Konstrukcja pompy typoszeregu OZ [6]



**Rys. 12.** Pompa OZ z płaszczem chłodzącym [6]

W nowej konstrukcji przyjęto odmienny układ (rys. 11). Silnik napędowy umieszczony jest poniżej pompy, a wlot do wirnika znajduje się od strony napędu. Ssanie odbywa się przez uźbrowaną szczelinę rozmieszczoną wokół obwodu pompy. Pompy wyposażone są w czujniki kontrolujące temperaturę łożysk i uzwojeń silnika, obecność wody w silniku oraz stopień zawilgocenia komory olejowej będący wskaźnikiem skuteczności uszczelnienia.

W większych pompach typoszeregu OZ stosowany jest płaszcz chłodzący, wymuszający opływ silnika, dla zwiększenia skuteczności chłodzenia silników o znacznych mocach. Pompę z takim płaszczem pokazano na rysunku 12.

### 3.2. Pompy zatapialne w odwadnianiu wyrobisk górniczych kopalni odkrywkowej [5]

Wśród licznych możliwych zastosowań pomp wielkich mocy można wyróżnić odwadnianie wyrobisk górniczych wydobywających kopaliny metodą odkrywkową, w tym pompowanie wód powierzchniowych, które okresowo, podczas opadów nawaalnych, mogą zawierać znaczne ilości ciał stałych (piasku, mułu itp.). Z tego względu wszystkie pompy typoszeregu OZ pracują przy prędkości nominalnej 1500 obr/min, co jak wiadomo, znacznie zwiększa ich odporność na zużycie powodowane obecnością ciał stałych w pompowanej cieczy. Jako standardowe przyjęto, więc wykonanie z nierdzewnego i odpornego na erozję staliwa chromowego. Instalowanie pompy jest łatwe w zabudowie i eksploatacji.

Pompa może być zawieszona na rurociągu tłocznym umieszczonym w osi (w przypadku głębokich zbiorników) lub ustawiona na dnie na stojaku (w przypadku, gdy występuje twarde podłoże) (rys. 13).



Rys. 13. Pompy OZ posadowione na dnie komory pomp wraz z rurociągami tłocznymi [6]

Pierwsza pompownia zatapialna na odkrywce „Szczerców” (rys. 14), wyposażona w pompy zatapialne OZ-400 o wydajności nominalnej 1200 m<sup>3</sup>/h i wysokości podnoszenia 48 m funkcjonuje od wiosny 2005. W miarę postępu w budowie odkrywki i związanym z tym zwiększeniem głębokości pompowania, uruchomiono kolejną pompownię z pompami OZ-400W o wydajności nominalnej 1200 m<sup>3</sup>/h i wysokości podnoszenia 100 m (rys. 15).

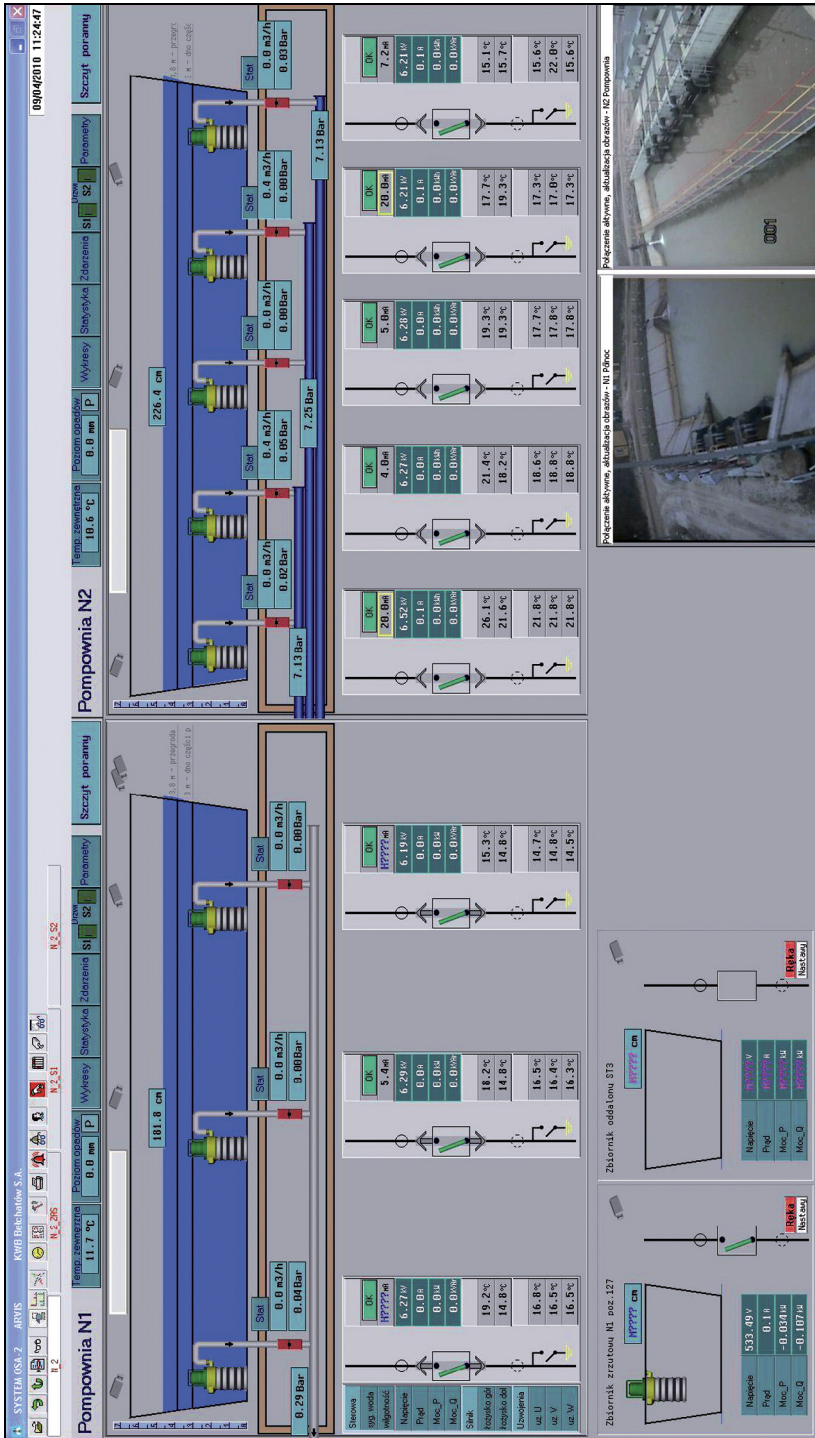
Pomyślne doświadczenia z eksploatacji pomp zatapialnych w odkrywce „Szczerców” skłoniły kopalnię do zastosowania ich również w nowych pompowniach na odkrywce „Bełchatów”.



Rys. 14. Pompownia z trzema pompami zatapialnymi OZ-400 [6]



Rys. 15. Pompownia z pompami zatapialnymi OZ-400W [6]



**Rys. 16.** System informatyczny obsługujący automatykę pompowni z pompami zatapiającymi typu OZ [6]

Pompy zatapialne typu OZ pracują w indywidualnych instalacjach pompowych dostosowanych do współpracy z rurociągami tłocznymi w punktach optymalnej sprawności energetycznej.

Wizualizacja komputerowa i sterowanie pracą pompowni odbywa się zdalnie ze sterowni (rys. 16). W trybie pracy automatycznej poszczególne pompy uruchamiane i zatrzymywane są w zależności od położenia zwierciadła wody w zbiorniku pompowni uwzględniając przy tym min. tryb pracy poza szczytami energetycznymi.

#### 4. Podsumowanie i wnioski

- 1) Zautomatyzowany system eksploatacji studni głębinowych bariery „Dębina” jest przykładem właściwych działań, które wspomagają użytkownika w czasie optymalizacji pracy głębinowych agregatów pompowych w zakresie hydraulicznym i energetycznym. Pozytywne doświadczenia, z kilkuletniej eksploatacji zautomatyzowanej bariery studni, pozwoliły na podjęcie decyzji o rozszerzeniu tego typu rozwiązań technicznych na cały system odwodnienia węgelnego złoża węgla brunatnego PGE KWB Bełchatów SA.
- 2) Zastosowanie pomp zatapialnych wielkich mocy, monoblokowych jak również zespołów pompowych o wysokościach podnoszenia około 200 m, pozwala na zautomatyzowaną i energooszczędną eksploatację pompowni i przepompowni wód węgelnych nowego typu, w systemach odwadniania wyrobisk górniczych nie tylko wydobywających węgiel brunatny.
- 3) Zastosowane nierdzewne materiały i specjalne powłoki malarskie, odporne na zużycie erozyjne i chemiczne oraz prędkość obrotowa 1400 obr/min, spełniają swoje funkcje przy pracy w wodach o zróżnicowanym  $pH$  i znacznym stopniu zapiaszczenia.

#### LITERATURA

- [1] *Jędrał W.*: Efektywność energetyczna pomp i instalacji pompowych. Wydawnictwo KAPE, Warszawa, 2007
- [2] *Strączyński M., Pakula G., Urbański P., Solecki J.*: Podręcznik eksploatacji pomp w wodociągach i kanalizacji. Wydawnictwo Seidel-Przywecki, Warszawa, 2008
- [3] *Świtalski P.*: Technika pompowa — Leksykon. Wydawnictwo ZPBiP CEDOS, Wrocław, 2009
- [4] *Urbański P., Stobiecki Z., Jasiczak A.*: Automatyizacja pompowej bariery ochronnej wysadu solnego „Dębina”. *Pompy Pompownie*, Nr 4 (135), listopad 2009, str. 40–43
- [5] *Urbański P.*: Systemy odwadniania wyrobisk górniczych złoża węgla brunatnego „Bełchatów”. „XV Forum Użytkowników Pomp”, Wydawca Pompy-Pompownie, Słok 23–25 września 2009, str. 49–53
- [6] Materiały własne PGE KWB Bełchatów SA