

Pozyskiwanie danych do modelowania przepływu wód podziemnych na obszarze leja depresji BOT KWB Bełchatów S.A.

Data availability for groundwater flow modelling in the BOT Bełchatów lignite mine cone of depression area

Jacek Szczepiński, Grzegorz Górski, Zbigniew Stachowicz,
Paweł Szczepanik

Poltegor-Projekt Sp. z o.o., e-mail: j.szczepinski@poltegor.pl

Abstract: The paper presents problems related to data availability for the ground water flow modeling in the region of the Bełchatów lignite mine. The U.S. Geological Survey's program MODFLOW was used to reconstruct past and to present the existing conditions in the aquifers within the Bełchatów lignite mine influence. Ground water and surface water monitoring system which enables to assess changes of hydrodynamical and hydrological conditions in the region as well as methods which make possible to obtain additional hydrogeological parameters were discussed. The means in which data are collected and processed were presented.

Key words: groundwater modeling, monitoring, mine

1. Wstęp

Badania związane z oddziaływaniem eksploatacji systemu odwadniania kopalń węgla brunatnego na środowisko wodne prowadzone są od kilkadziesiąt lat. W obliczeniach znalazły zastosowanie m.in. metody modelowania matematycznego z wykorzystaniem metod numerycznych, które realizowane były przez Centralny Ośrodek Badawczo-Projektowy Górnictwa Odkrywkowego Poltegor we Wrocławiu, Politechnikę Wrocławską, Przedsiębiorstwo Geologiczne we Wrocławiu, Poltegor-Projekt Sp. z o.o., Poltegor-Instytut, Politechnikę Warszawską, Akademię Górniczo-Hutniczą i Hydroconsult Sp. z o.o. Dotyczyły one prognoz dopływu wód podziemnych do kopalń, rozwoju leja depresyjnego i odtwarzania zwierciadła wód podziemnych po zaprzestaniu wydobycia węgla. Modelowanie stanowiło również podstawę do oceny wpływu odwadniania na zasoby wód podziemnych i określenia zmian bilansu wód podziemnych pod wpływem odwadniania.

Do badań modelowych wykorzystywano programy komputerowe oparte zarówno na metodzie różnic skończonych – HYDRYLIB (Szymanko, 1982) i MODFLOW

(McDonald, Harbaugh, 1984), jak i elementów skończonych – FKWH (Fischer, Kabat, 1989).

Charakterystyczną cechą modeli przepływu wód podziemnych w rejonie złóż jest fakt, że obejmują one bardzo duże obszary, niekiedy rzędu kilku tysięcy km² i odwzorowują krążenie wód podziemnych w zróżnicowanych warunkach hydrogeologicznych. W ich budowie, a następnie weryfikacji wykorzystuje się dużą ilość danych, uzyskanych zarówno w trakcie dokumentowania złóż, jak i w okresie ich eksploatacji.

2. Model numeryczny rejonu złoża Bełchatów

Dla rozwiązania problematyki krążenia wód podziemnych w rejonie kopalni Bełchatów wykorzystywany jest obecnie program MODFLOW. MODFLOW bazuje na siatce dyskretyzacyjnej zbudowanej z sieci prostokątów i kwadratów o dowolnej, zmiennej wielkości wynikającej ze stopnia uszczegółowienia obliczeń. Umożliwia odwzorowanie ustalonych i nieustalonych warunków przepływu wód podziemnych.

Numeryczny model przepływu wód podziemnych rejonu złoża Bełchatów obejmuje obszar około 2500 km² i odwzorowuje warunki krążenia wód podziemnych w zlewni rzeki Widawki oraz w obszarze sąsiednim, w strefie potencjalnego zasięgu oddziaływania systemu odwadniania kopalni Bełchatów. Jest to model dwuwarstwowy, quasi-trójwymiarowy złożony z 80 wierszy i 141 kolumn. Krok siatki obliczeniowej jest zmienny od 100 m w obrębie odkrywek do 1000 m w rejonie peryferyjnym modelu.

Rozwiązanie modelu umożliwiło określenie naturalnych warunków krążenia wód podziemnych w rejonie złoża Bełchatów, przed uruchomieniem jego odwadniania. Ponad 30-letni okres eksploatacji systemu odwodnienia odkrywki Bełchatów oraz 6-letni okres eksploatacji systemu odwodnienia odkrywki Szczerców pozwolił na jego wiarygodną weryfikację i wykorzystanie do obliczeń prognostycznych.

Na bazie modelu regionalnego możliwa jest budowa modeli szczegółowych o mniejszym kroku siatki obliczeniowej. Wymaga to pozyskania dodatkowych danych umożliwiających jego wiarygodne rozwiązanie.

3. Niektóre metody pozyskiwania informacji dotyczących parametrów hydrogeologicznych

Począwszy od etapu dokumentowania złóż, wykonuje się szereg prac laboratoryjnych i polowych, których zadaniem jest określenie podstawowych parametrów hydrogeologicznych warstw wodonośnych, przede wszystkim współczynników filtracji oraz odsączalności grawitacyjnej i sprężystej.

Rozpoczęcie eksploatacji górniczej umożliwia pozyskanie dodatkowych informacji o parametrach hydrogeologicznych. Szczególne znaczenie mają prowadzone

przez kopalnie badania mające na celu ocenę jakości wykonania studni oraz piezometrów.

Dla oceny jakości wykonania studni stosuje się procedurę umożliwiającą określenie współczynnika sprawności hydraulicznej studni „C” (Siwek, Mańkowski, 1981; Dąbrowski, Przybyłek, 2005). Podstawą do jego obliczenia jest interpretacja wyników pompowania jednostopniowego i wyznaczenie zależności depresji od logarytmu czasu $s = f(\lg t)$. Obliczona na podstawie poniższego wzoru wodoprzewodność umożliwia ocenę współczynnika filtracji ujmowanej przez studnię warstwy wodonośnej. Należy przy tym pamiętać, aby studnia ujmowała tylko jeden modelowany kompleks wodonośny, co w warunkach pracy studni odwodnieniowych jest często trudne do spełnienia.

$$T = \frac{0,183Q}{s_2 - s_1} \times \lg \frac{t_2}{t_1}$$

gdzie: Q – stały wydatek studni podczas pompowania [L^3/T],

$s_2 - s_1$ – różnica depresji między dwoma punktami pomiaru leżącymi na prostej $s = f(\lg t)$ [L],

t_1, t_2 – czasy odpowiadające kolejnym depresjom [T].

O ile właściwa ocena miąższości warstwy wodonośnej kompleksu porowego nie stanowi na ogół problemu, o tyle w wodonoścu szczelinowym konieczne jest określenie strefy aktywnego dopływu do studni. W przypadku BOT KWB Bełchatów S.A. dla utworów mezozoiku przyjmuje się miąższość strefy aktywnej wynoszącą 200 m.

Do obliczenia współczynnika filtracji w piezometrach budowanych w ramach systemu obserwacyjnego kopalń można wykorzystać również badania, których celem jest określenie sprawności otworów obserwacyjnych. Zastosowanie znajduje zarówno metoda tradycyjnego zalewania otworów (studni chłonnych), jak i opracowana na Uniwersytecie A. Mickiewicza w Poznaniu metoda Paramex (Marciniak, 2002).

Opisane powyżej metody zastosowano dla oceny współczynnika filtracji warstw wodonośnych w BOT KWB Bełchatów S.A. Do obliczeń wykorzystano:

- 480 piezometrów, w których przeprowadzono metodę zalewania,
- 181 studni, dla których określono współczynnik C dla studni,
- 71 piezometrów, w których przeprowadzono metodę Paramex.

Wykonane obliczenia wskazały, że w przypadku poziomu porowego, nadkładowego w około 70% przypadków współczynnik filtracji wynosi poniżej 10 m/d, pozostałe 30% to wartości od 10 m/d do 30 m/d. Dla poziomu szczelinowego, mezozoicznego w około 50% przypadków otrzymano wartości poniżej 1 m/d, w około 40% badanych przypadków wartości od 1 do 10 m/d, a około 10% przypadków to wartości od 10 m/d do 80 m/d. Przedstawione wyniki należy uznać za wiarygodne, gdyż są one zgodne z wartościami współczynników filtracji otrzymanymi z próbnych pompowań prowadzonych na etapie dokumentowania złoża oraz z obserwa-

cjami obniżania zwierciadła wód podziemnych podczas 30-letniego okresu odwadniania kopalni Bełchatów.

4. Monitoring wód w obszarze odwadniania kopalni

W procesie identyfikacji parametrów hydrogeologicznych na potrzeby modelu matematycznego wykorzystywane są szczegółowe pomiary stanu wód podziemnych i powierzchniowych w warunkach naturalnych, tj. przed rozpoczęciem prac odwodnieniowych i górniczych. Dopiero jednak po rozpoczęciu pracy systemu odwadniania rozpoczyna się proces weryfikacji modelu matematycznego. Ma on na celu uzyskanie lepszego dopasowania modelu do rzeczywistości poprzez wykorzystanie wytarowanych wcześniej parametrów modelu dla odtworzenia nowych warunków hydrogeologicznych (Anderson, Woessner, 1992). Pewność, że przyjęty model jest (lub nie jest) właściwą reprezentacją zjawisk zachodzących w modelowanym systemie, dostarcza nam proces oceny jakości modelu (walidacja modelu). Zasadnicze znaczenie dla walidacji modelu ma właściwie prowadzony monitoring.

Monitoring środowiska wodnego w rejonie kopalń obejmuje obserwacje wód podziemnych i powierzchniowych w zakresie: postępu odwodnienia, rozwoju leja depresji oraz wpływu odwodnienia na wody powierzchniowe.

Dla określenia wydatku systemu odwadniania stosowane są nie tylko pomiary wydatku poszczególnych studni, ale i pomiary hydrologiczne w kanałach odprowadzających wody z systemu odwadniania.

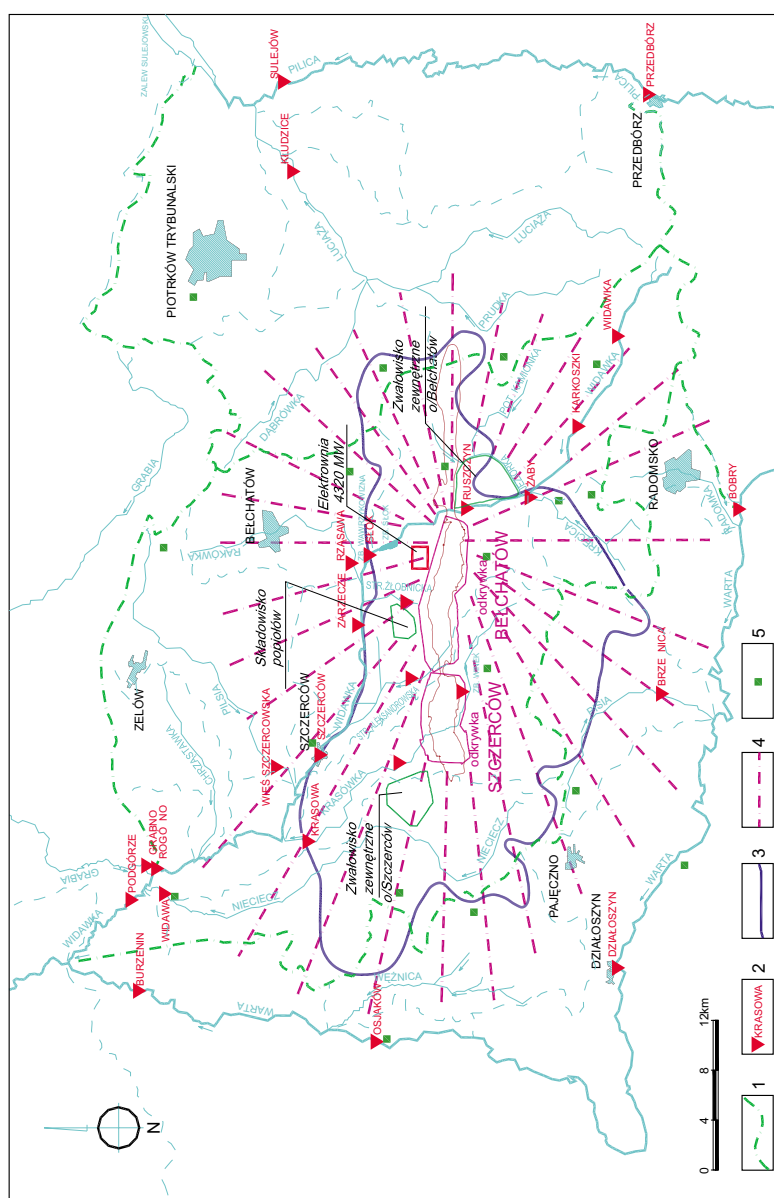
Dla potrzeb kontroli efektów odwodnienia oraz dla oceny wpływu odwodnienia na środowisko wodne rejonu realizuje się określony program pomiarów i obserwacji obejmujący:

- pomiary wydajności systemu odwodnienia,
- pomiary zrzutów wód kopalnianych do kanałów, cieków i rzek,
- pomiary położenia zwierciadła wód podziemnych,
- pomiary jakości wód podziemnych zrzucanych i odprowadzanych do sieci hydrograficznej rejonu,
- obserwacje położenia zwierciadła, przepływu i jakości wód powierzchniowych (w ciekach i zbiornikach wodnych).

Nieocenione źródło informacji dla budowy modelu hydrodynamicznego stanowią również szczegółowe pomiary meteorologiczne, głównie opadów atmosferycznych.

System obserwacyjny wód podziemnych funkcjonuje w oparciu o otwory obserwacyjne sieci wewnętrznej kopalni (na przedpolu projektowanych do eksploatacji górniczej odkrywek), sieci zewnętrznej kopalni (na prognozowanych kierunkach rozwoju lejów depresji), studnie ujęciowe oraz płytkie studnie gospodarskie, których zadaniem jest rejestracja położenia zwierciadła wody w przypowierzchniowym horyzoncie wodonośnym. Wraz z rozwojem eksploatacji następuje ciągła rozbudowa systemu obserwacyjnego kopalni.

W największej polskiej kopalni węgla brunatnego BOT KBW Bełchatów S.A. zewnętrzna sieć obserwacyjna składa się z 481 szt. otworów obserwacyjnych, roz-



Ryc. 1. Przeglądowa mapa systemu monitoringu w rejonie KWB Belchatów
 Objasnienia: 1 – granice wododziałów; 2 – ważniejsze punkty pomiaru przepływu wód w ciekach; 3 – zasięg izolacji depresji $s = 1$ m (stan na 12.2005); 4 – linie otworów obserwacyjnych sieci zewnętrznej BOT KWB Belchatów S.A.; 5 – punkty pomiarów meteorologicznych
 Fig. 1. Areal map of monitoring system in the Belchatów lignite mine area
 Explanation: 1 – watershed boundary; 2 – important points of river flow measurement; 3 – range of cone of depression $s = 1$ m (12.2005); 4 – lines with BOT KWB Belchatów S.A. external observation wells; 5 – points of meteorological measurement

mieszczonych równomiernie wzdłuż linii obserwacyjnych, rozchodzących się promieniście z centrum projektowanego wyrobiska górniczego (ryc. 1). Sieć ta uzupełniana jest na bieżąco o dodatkowe otwory zlokalizowane pomiędzy głównymi liniami obserwacyjnymi. Jednorazowo wykonuje się ok. 650 pomiarów położenia zwierciadła wody dla różnych poziomów wodonośnych, gdyż w otworach obserwacyjnych zabudowanych jest od 1 do 3 rurek piezometrycznych. Pomiar położenia zwierciadła wody w zewnętrznej i wewnętrznej sieci obserwacyjnej wykonywane są przez służby kopalni. Wykonują one również analizy fizykochemiczne wód podziemnych i powierzchniowych w rejonie złoża.

Ponadto w skład systemu obserwacyjnego wchodzi sieć punktów m.in. do pomiaru wielkości opadów atmosferycznych oraz przepływu wód powierzchniowych w ciekach i kanałach odprowadzających wodę ze studni odwodnieniowych. Pomiar te prowadzi IMGW w Poznaniu. W rejonie złoża Bełchatów znajduje się:

- 31 profili wodowskazowych (w tym 15 z limnigrafem) do pomiarów codziennych lub okresowych,
- 64 profile hydrometryczne,
- 28 posterunków opadów (w tym 2 meteorologiczne).

Szczegółowe wyniki wszystkich pomiarów zestawiane są corocznie przez IMGW, Oddział w Poznaniu (Rocznik hydrologiczny... 1975–2005). Rocznik ten jest wydawany również w formie cyfrowej.

Wszystkie pozyskiwane przez kopalnię dane gromadzone są w postaci cyfrowej w Jednolitej Bazie Danych Geologicznych (Instytut Górnictwa Odkrywkowego Poltegor, 1988). Odpowiedni program umożliwia szybki dostęp do wybranych danych zgromadzonych w tej bazie.

Przetwarzanie danych możliwe jest za pomocą standardowych programów: Excel, Grapher, Surfer, AutocCad i Aquesolve. Obecnie w BOT KWB Bełchatów S.A. wdrażany jest program MineScape wspomagający geologiczno-techniczną obsługę kopalni.

5. Wnioski

Rozpoznanie złóż dostarcza dużej ilości danych, które wykorzystywane są w budowie modelu matematycznego krążenia wód podziemnych. Wstępne dane pozyskiwane są już na etapie dokumentowania złoża. Z chwilą rozpoczęcia eksploatacji oraz budowy systemu odwadniania ilość informacji, które można wykorzystać w budowie i doskonaleniu modelu matematycznego znacznie wzrasta. Są to dane związane nie tylko z oddziaływaniem systemu odwadniania na wody podziemne i powierzchniowe, ale również informacje dotyczące parametrów hydraulicznych warstw wodonośnych.

Bardzo duża ilość danych stanowi wyzwanie dla osoby budującej model matematyczny. Istnieje przy tym pokusa zbudowania „modelu idealnego”, który w najdrobniejszych szczegółach odwzorowywać będzie warunki hydrogeologiczne rejonu złoża.

Wykorzystując dane, należy pamiętać o możliwych błędach związanych z ich pozyskiwaniem, właściwą interpretacją, a także o tym, by szczegółowość modelu nie przekroczyła stawianych modelowi celów.

Literatura

- Anderson M.P., Woessner W.W., 1992. Applied Groundwater Modeling: Groundwater Flow and Advective Transport. Academic Press Inc., San Diego–New York–Boston.
- Dąbrowski S., Przybyłek J., 2005. Metodyka próbnych pompowań w dokumentowaniu zasobów wód podziemnych. Bogucki Wyd. Nauk., Poznań.
- Marciniak M., 2002. Metody oceny stanu technicznego piezometrów na potrzeby monitoringu wód podziemnych. Bogucki Wyd. Nauk., Poznań.
- McDonald M.G., Harbaugh A.W., 1984. A Modular Three-Dimensional Finite Difference Ground-Water Flow Model. U.S. Geol. Surv. Open File Report 83–875.
- Siwek Z., Mańkowski M., 1981. Wyznaczanie parametrów hydraulicznych ujęcia wód podziemnych na podstawie pompowań próbnych, Wyd. Geol., Warszawa.
- Szymanko J., 1982. Biblioteka programów obliczeniowych HYDRYLIB Centralnego Urzędu Geologii. Z. 1–7. Wyd. Geologiczne, Warszawa.
- Fiszer J., Kabat R., 1989. Program FKWH. Symulacja cyfrowa procesu filtracji wód podziemnych. Instrukcja obsługi.
- IMGW Poznań. 1975–2005. Rocznik hydrologiczny i meteorologiczny obszaru oddziaływania KWB Bełchatów. IMGW, Poznań (niepubl.).
- Instytut Górnictwa Odkrywkowego Poltegor, 1988. Przeniesienie na komputer typu IBM PC oprogramowania funkcji użytkowych bazy danych geologicznych. Praca zbiorowa, Wrocław (nie publ.).

