

BADANIA MODELOWE ZMIAN STOSUNKÓW WODNYCH W REJONIE KOPALNI PIASKU PODSADZKOWEGO MACZKI-BÓR W ZWIĄZKU Z PLANAMI JEJ LIKWIDACJI

MODELLING SURVEY OF WATER CONDITIONS CHANGES IN THE MACZKI-BÓR SAND PIT AREA WITH REGARD TO ITS PLANNED LIQUIDATION

KATARZYNA NIEDBALSKA¹, PRZEMYSŁAW BUKOWSKI¹, ANDRZEJ HAŁADUS²

Abstrakt. Model numeryczny warunków hydrodynamicznych w rejonie kopalni piasku podsadzowego Maczki-Bór obejmuje obszar o powierzchni około 15,3 km². Badania zrealizowano w oparciu o jednowarstwowy model hydrogeologiczny przy wykorzystaniu programu Processing MODFLOW Pro v. 7. Kalibracja i weryfikacja modelu przeprowadzona została w odniesieniu do zalegania zwierciadła czwartorzędowego poziomu wód podziemnych pomierzonego w piezometrach oraz ilości wód odprowadzanych z kopalni. W oparciu o uzyskane wyniki przeprowadzono symulację zmian w układzie hydrodynamicznym wynikającą z planowanej likwidacji wyrobisk i utworzenia zbiornika wodnego w obrębie pola Bór-Wschód.

Słowa kluczowe: odwadnianie, modelowanie procesów filtracji, warunki hydrodynamiczne, hydrogeologia, likwidacja kopalń.

Abstract. Numerical model of the hydrodynamic conditions in the Maczki-Bór sand pit space encompass an area of about 15,3 km². The survey was fulfilled on a single layer hydrogeological model reconstructed with Processing MODFLOW Pro v. 7 software. Model calibration and verification was carried out with regard to the quaternary groundwater table measured in piezometers and amount of groundwater drained by the mine. Based on the results of the survey simulation of changes in the hydrodynamic system (resulting from planned closure of mining operations and forming water reservoir within the field Bór-Wschód) was accomplished.

Key words: mine drainage, modelling of groundwater flow, hydrodynamic conditions, hydrogeology, mine closure.

WSTĘP

W związku z wieloletnią eksploatacją piasku podsadzowego ze złoża ulokowanego w widłach rzeki Biała Przemsza i Bobrek, nastąpiły znaczne zmiany w układzie pierwotnego pola hydrodynamicznego czwartorzędowego poziomu wodonośnego. Grawitacyjne odwadnianie wyrobisk górniczych przyczyniło się od obniżenia zwierciadła wód o ponad 27 m i do wytworzenia lokalnego leja depresji o długości około 6 km i szerokości 2–3 km. Aktualne stosunki wodne

są ściśle uzależnione od prowadzonej systematycznie od 35 lat likwidacji wyrobisk. Nieprzerwanie od 1977 r. w granicach pola eksploatacyjnego Bór-Zachód są składowane i zagęszczane skały pływne z pobliskich kopalń węgla oraz popioły i żużle pochodzące ze spalania węgla kamiennego. W większej części teren pola został już zrekultywowany, a materiałem pogórnym wypełniono wyrobiska do pierwotnej rzędnej powierzchni terenu (około 255 m n.p.m.).

¹ Główny Instytut Górnictwa, Plac Gwarków 1, 40-166 Katowice

² AGH Akademia Górniczo-Hutnicza, Wydział Geologii, Geofizyki i Ochrony Środowiska, Katedra Hydrogeologii i Geologii Inżynierskiej, al. A. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków

Procesem likwidacyjnym objęte jest również pole Bór-Wschód, na którym rekultywacja (w jego południowej części) jest prowadzona równoległe z eksploatacją (na północy obszaru). Docelowym założeniem tego procesu jest

wypełnienie części niecki wyrobiska do rzędnej około 240 m n.p.m. i utworzenie w jego obrębie akwenu powierzchniowego z przeznaczeniem głównie rekreacyjnym.

CHARAKTERYSTYKA WARUNKÓW HYDROGEOLOGICZNYCH

Czwartorzędowe piętro wodonośne, reprezentowane głównie przez lodowcowe i rzecznotłowcowe plejstocénskie osady piaszczysto-żwirowe, występuje na całym analizowanym obszarze. Zasilanie tego poziomu wodonośnego zachodzi na skutek infiltracji opadów atmosferycznych oraz wód pochodzących z cieków powierzchniowych, które w efekcie intensywnego, wieloletniego drenażu górniczego zmieniły swój pierwotny charakter z drenującego na zasilający. Czwartorzędowy poziom wodonośny jest oddzielony

od leżącego niżej poziomu karbońskiego osadami ilasto-gliniastymi o zmiennej miąższości.

Karboński poziom wodonośny jest reprezentowany przez utwory piaszkowcowo-zlepieńcowe. Znaczna zmienność wykształcenia litologicznego poszczególnych serii litostratygraficznych przyczynia się do istotnego zróżnicowania wodoprzepuszczalności tego poziomu. Zasilanie zachodzi najczęściej przez okna hydrogeologiczne, a za drenaż są odpowiedzialne głównie systemy odwadniania kopalń węgla kamiennego.

ZASADY PROWADZENIA PLANOWANEJ REKULTYWACJI

Docelowy projekt likwidacji i rekultywacji niecki wyrobiska, w jednej z wersji, zakłada utworzenie w południowej części pola Bór-Wschód akwenu powierzchniowego o głębokości do 10 m i jego dostosowanie wraz z terenami przyległymi do celów rekreacyjnych.

Składowisko odpadów pokopalnianych w granicach pola Bór-Wschód ma charakter podziemny, a jego rekultywacja polega na wypełnianiu części niecki wyrobiska od rzędnej 222–230 m n.p.m. do rzędnej około 240 m n.p.m. W celu poprawy skuteczności prewencji pożarowej jest stosowana technologia przeciwpożarowa z wykorzystaniem odpadów elektrownianych w postaci popiołów lotnych. Usypane warstwy są zagęszczane w celu uzyskania wymaganego współczynnika zagęszczenia $I_s = 0,95$, aby zminimalizować migrację wód opadowych przez bryłę składowanych odpadów. Koncepcja zagospodarowania wyrobisk w kierunku wodnym wymusza konieczność wcześniejszego przygotowania skarpu projektowanego akwenu powierzchniowego. Według jej założeń przewidywane jest profilowanie

zboczy oraz dna przyszłego zbiornika dla zagwarantowania stateczności skarpu i możliwości zbudowania dodatkowych urządzeń hydrotechnicznych. Pierwszy etap napełniania zbiornika ma polegać na likwidacji istniejącej sieci kanałów i rowów odwadniających, co przyczyni się do powolnego odbudowywania ciśnienia w czwartorzędowym poziomie wodonośnym. Napełnianie będzie przebiegać w sposób naturalny poprzez dopływ wód podziemnych przez skarpy i dno akwenu, bądź poprzez zasilanie wodami z opadów atmosferycznych (po uwzględnieniu strat wynikających z parowania). Zakłada się docelową rzędną wód na poziomie 250 m n.p.m., a gwarancję utrzymania stałej wysokości napełnienia zbiornika będzie zapewniać projektowany kanał ulgi.

Kształtowanie się wielkości dopływów do projektowanego akwenu oceniane jest na podstawie badań modelowych. Dla rozpatrywanego rozwiązania punktem wyjścia do oceny stanu hydrodynamicznego jest model numeryczny aktualnych warunków rejonu odkrywki.

SCHEMAT OBLICZENIOWY I WYNIKI BADAŃ MODELOWYCH DLA AKTUALNEGO STANU ZAGOSPODAROWANIA ODKRYWKI

Jednowarstwowy model warunków hydrodynamicznych (zrealizowany przy zastosowaniu programu obliczeniowego Processing MODFLOW Pro v. 7; Chiang, Kinzelbach, 1998; Kulma, Zdechlik, 2009) w rejonie kopalni Maczki-Bór ma charakter lokalny i obejmuje swoim zasięgiem lej depresji, powstały na skutek oddziaływania systemu odwadniania omawianej odkrywki. Do obliczeń przyjęto schemat zakładający ciągłość warstwy czwartorzędowego poziomu

wodonośnego, w którym uwzględniono istotne elementy hydrogeologiczne oraz geologiczno-techniczne. Model odzwierciedla warunki hydrogeologiczne według stanu na 2010 r., a przy budowie modelu zastosowano następującą metodologię (Niedbalska i in., 2011):

- obszar badań został objęty regularną siatką obliczeniową o kwadratowych blokach długości 100 m i zawarty

został w 1534 blokach ograniczonych w 47 rzędach i 71 kolumnach;

- zewnętrzne granice modelu tylko częściowo oparto na naturalnych strukturach (południowo-zachodni fragment rzeki Biała Przemsza). Pozostałe granice poprowadzono wzdłuż hydroizohips znacznie odsuniętych od obszaru filtracji. Pionowy zasięg czwartorzędowego poziomu wodonośnego ogranicza od stropu powierzchnia terenu, a od spągu rzędna zalegania osadów ilasto-gliniastych;
- warunkiem brzegowym I rodzaju odwzorowano rzapie oraz krańce rowów odwadniających, zwiększając tym samym gwarancję stabilności obliczeń. Warunki brzegowe III rodzaju zadeklarowano w blokach obliczeniowych symulujących ciekę powierzchniową oraz pozostałe elementy systemu odwadniającego;
- kalibracja modelu została przeprowadzona na podstawie dopływu wód do wyrobisk kopalni oraz pomiarów rzędnej zwierciadła wód podziemnych w sieci

piezometrów znajdujących się bezpośrednio w granicach pól eksploatacyjnych bądź w niewielkiej odległości od odkrywki.

Prawidłowo skonstruowany oraz wytarowany i wykalibrowany model warunków hydrogeologicznych rejonu kopalni odkrywkowej Maczki-Bór umożliwił ocenę wpływu prowadzonej od lat eksploatacji piasku na warunki wodne w czwartorzędowym poziomie wodonośnym. Oprócz liczbowego przedstawienia wyników obliczeń, możliwe było również wygenerowanie mapy obrazującej kierunki spływu wód podziemnych oraz zasięg leja depresji i rzędne zwierciadła wód (Niedbalska i in., 2011).

Zgodnie z uzyskanymi wynikami obliczeń natężenie dopływu wód podziemnych do modelowanej struktury wynosi blisko 40 000 m³/d, a główny strumień zasilający warstwę wodonośną jest związany z dopływem bocznym. Za drenaż warstwy wodonośnej odpowiedzialny jest niemal całkowicie system odwadniania kopalni.

PROGNOSTYCZNE BADANIA MODELOWE

Na podstawie wytarowanego modelu numerycznego aktualnej sytuacji wokół odkrywki, przeprowadzono badania prognostyczne zmian układu pola hydrodynamicznego czwartorzędowego poziomu wodonośnego na skutek zaprzestania odwadniania kopalni i po utworzeniu w granicach pola Bór-Wschód zbiornika wodnego. W rezultacie obliczeń uzyskano bilans wielkości poszczególnych składników warunkujących wielkość zasilania i drenażu w obrębie modelowanego obszaru filtracji (Niedbalska i in., 2011). Jak wskazują wyniki obliczeń, dopływ do analizowanej struktury wyniesie prawie 8800 m³/d, a za zasilanie warstwy wodonośnej będzie odpowiedzialna infiltracja opadów atmosferycznych i wody pochodzące z dopływu bocznego. Natężenie dopływu do zbiornika przy docelowej rzędnej 250 m n.p.m. będzie się kształtowało na poziomie około 3000 m³/d.

W ramach tego zadania przeprowadzono ponadto symulacje zmian natężenia dopływu wód podziemnych do zbiornika dla różnych wariantów rzędnej piętrzenia wód. Wykonano dodatkowo dziesięć wariantów obliczeniowych dla rzędnych od 245,0 do 255,1 m n.p.m. (fig. 1). Wyniki symulacji numerycznych zestawiono w postaci wykresu zmian natężenia dopływu wód podziemnych do zbiornika i przedstawiono na figurze 2.

Po zaprzestaniu eksploatacji oraz po likwidacji elementów systemu odwadniania kopalni i utworzeniu na terenie pola Bór-Wschód zbiornika wodnego nastąpi odbudowanie ciśnienia w czwartorzędowym poziomie wodonośnym i rozpocznie się etap powolnego napełniania zbiornika. W takim układzie akwen powierzchniowy stanie się lokalną bazą drenażu warstwy wodonośnej, a wielkość natężenia dopływu wód podziemnych będzie ściśle uzależniona od rzędnej piętrzenia wód w planowanym zbiorniku. Wraz ze

wzrostem rzędnej zwierciadła wód natężenie przepływu strumienia filtracyjnego będzie maleć, a jego maksymalna wartość dla rozważanych sytuacji (prawie 5500 m³/d) zostanie uzyskana dla zwierciadła na poziomie 245,0 m n.p.m.

W rzeczywistości na wielkość zasilania zbiornika powierzchniowego, a tym samym na czas trwania jego napełnienia do planowej rzędnej lustra wody, będzie mieć wpływ nie tylko natężenie dopływu wód podziemnych, ale również czynniki klimatyczne i morfologiczne, wśród których można wymienić:

- wielkość opadów atmosferycznych – konieczne jest uwzględnienie zarówno opadów na powierzchnię lustra wody, jak i na otaczającą zlewnię morfologiczną, z której spływ powierzchniowy będzie zasilać zbiornik wodny; do obliczeń symulacyjnych przyjęto średnią wartość opadów z roku 2010 na poziomie 645 mm;
- parowanie z powierzchni akwenu i zlewni morfologicznej – straty wody w wyniku parowania na terenach wpływu leja depresji będą zauważalnie mniejsze (nawet do 50%) niż w warunkach naturalnych (Wachowiak i in., 2005);
- temperatura powietrza i lustra wody, a także prędkość wiatru, których wzrost będzie wpływał na wzrost intensywności parowania, oraz wilgotność powietrza i wartość ciśnienia atmosferycznego, których wzrost będzie ten proces spowalniać.

W trakcie badań symulacyjnych przy wyznaczaniu bilansu wodnego projektowanego zbiornika (bez względu na rzędna zwierciadła wody) można było przyjąć, że wielkość opadów atmosferycznych na powierzchnię lustra wody zwiększona o 20% jest równoważona przez parowanie. Tak więc głównym elementem decydującym o natężeniu dopływu wód

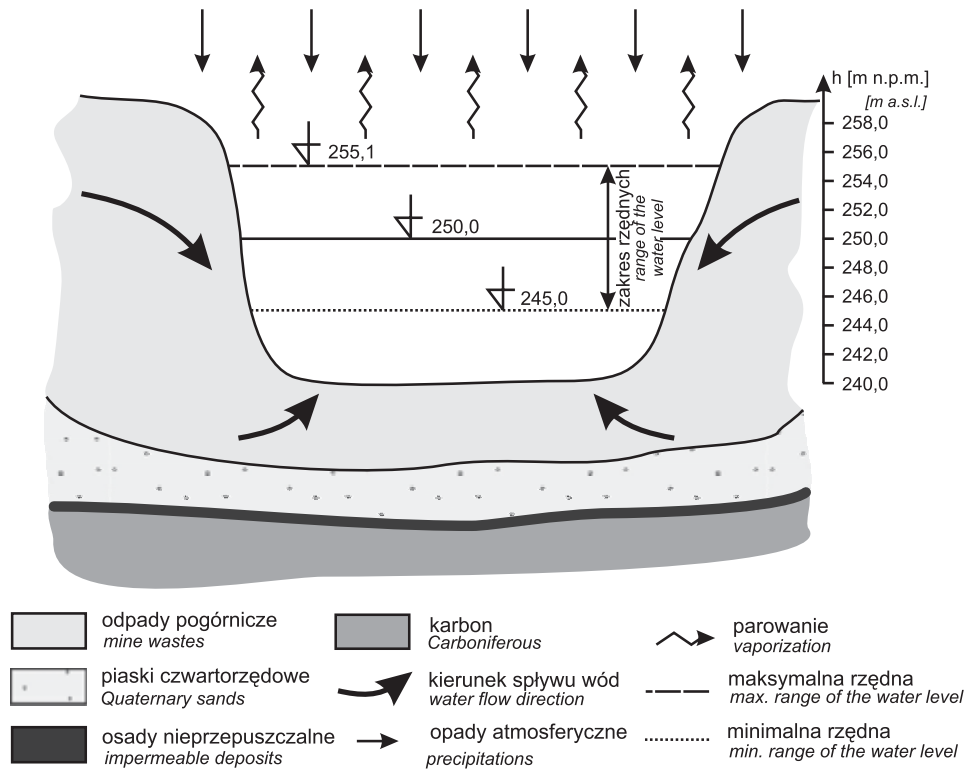


Fig. 1. Schematyczny przekrój przez planowany zbiornik w polu Bór-Wschód

Schematic cross-section of the planned reservoir in the field Bór-Wschód

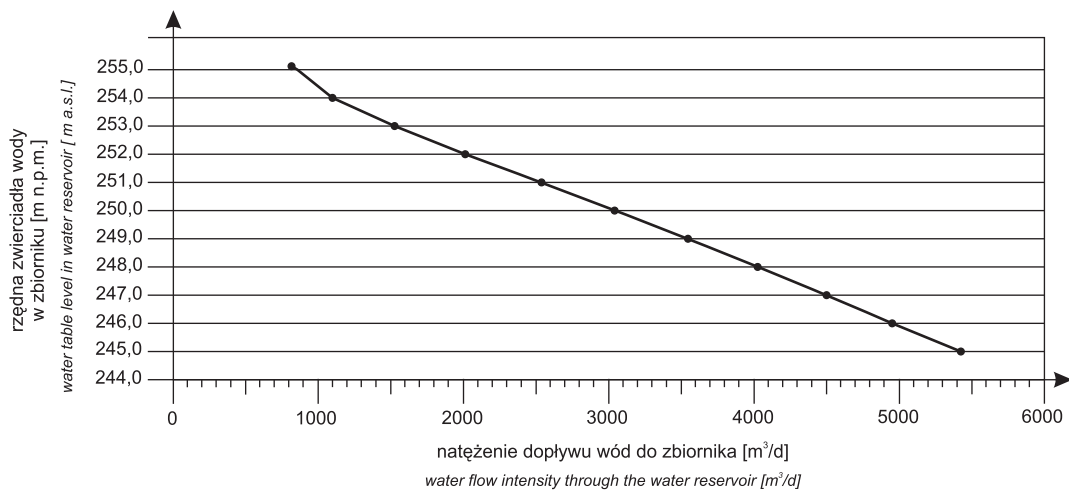


Fig. 2. Natężenie dopływu wód do planowanego zbiornika w zależności od wysokości piętrzenia wody

Water flow intensity through the planned water reservoir with regard to the various water table level

do czaszy zbiornika oraz tempie jej napełniania (bez uwzględnienia opcji zasilania sztucznego poprzez dodatkowy zrzut wód, np. z rzek bądź z odwadniania kopalń) jest zasilanie podziemne, a dokładniej wypadkowa zasilania. Jest to składnik bilansu, którego wielkość będzie wyrażona ilością wód

pochodzących z infiltracji opadów atmosferycznych i z cieków powierzchniowych, głównie z rzeki Białej Przemszy. Pomniejszony jest o straty wynikające z wypełniania wodą przestrzeni porowej w strefie aeracji podczas odbudowywania się ciśnienia w czwartorzędowym poziomie wodonośnym oraz

ewentualne ubytki będące efektem odpływu wód ze zbiornika do innych stref drenażu. Badania symulacyjne zostały zakończone w wariancie obliczeniowym zakładającym poziom zwierciadła wód w zbiorniku na 255,1 m n.p.m., a więc dla

sytuacji, gdy przychód i rozchód wód się równoważą. Przy takiej rzędnej piętrzenia zbiornik wodny będzie mógł pracować jako bezodpływowy.

PODSUMOWANIE

W związku z powolnym szczypaniem się złóż piasków podsadzowych eksploatowanych przez CTL Maczki-Bór w Sosnowcu, podjęto decyzję o rozpoczęciu rekultywacji wyrobisk górniczych w granicach pola eksploatacyjnego Bór-Wschód. Obecnie jedną z podstawowych koncepcji zagospodarowania odkrywki jest wypełnienie niecki odpadami pogórnymi, a w jej południowej części – utworzenie zbiornika wodnego z lustrem wody na rzędnej 250,0 m n.p.m., który będzie zasilany w sposób naturalny poprzez dopływ wód podziemnych. W celu określenia bilansu wodnego i charakterystyki głównych składników warunkujących wielkość zasilania i drenażu w obrębie rozpatrywanej

struktury wykonano badania symulacyjne. W ramach badań modelowych wykonano 10 wariantów obliczeniowych, które miały określić wielkości dopływów wód podziemnych do zbiornika, w zależności od zmiennej rzędnej piętrzenia w zakresie 245,0–255,1 m n.p.m. Zgodnie z uzyskanymi wynikami obliczeń dla docelowej rzędnej lustra wody (250,0 m n.p.m.) natężenie dopływu wody do zbiornika powinno się kształtować na poziomie około 3000 m³/d.

Pracę wykonano w ramach projektu badawczego rozwojowego nr N R09 0035 06/2009, finansowanego przez NCBiR w latach 2009–2012.

LITERATURA

- CHIANG W.H., KINZELBACH W., 1998 — Processing Modflow – a simulation system for modeling groundwater flow and pollution. Software instruction book, Hamburg-Zurich.
- KULMA R., ZDECHLIK R., (2009) — Modelowanie procesów filtracji. AGH, Kraków.
- NIEDBALSKA K., HAŁADUS A., BUKOWSKI P., AUGUSTYNIAK I., KUBICA J., 2011 — Modelling of changes of hydrodynamic conditions in the aquatic environment of the Maczki-Bór Sand pit due to the fact of planned closure of mining operations (NE part of Upper Silesian Coal Basin – Poland). IMWA Congress 2011: Mine Water – Managing the Challenges: 231–235. Aachen, Germany.
- WACHOWIAK G., WACHOWIAK A., 2005 — Zbiornik w wyrobisku końcowym odkrywki „Pałnów” kopalni węgla brunatnego „Konin” i jego bilans wodny za okres 2003–2004. *Badania fizjograficzne nad Polską zachodnią*, ser. A. *Geografia Fizyczna*, **56**: 157–176.

SUMMARY

With regard to the planned liquidation of the Maczki-Bór sand pit and creation in eastern part of it a water reservoir, it was necessary to carry out a modelling survey. Simulation of the groundwater flow intensity was done for the target water table level (in this reservoir) at 250 m a.s.l. Based on the results of the modelling, forecasting about changes of the groundwater flow intensity through the reservoir for the various variants of the water table elevation was fulfilled. Modelling survey established 10 computational variants for ran-

ge of the water table level from 245.0 to 255.1 m a.s.l. For determined data groundwater flow intensity through the body of water will be oscillate between 5400 and 820 m³/d. Besides, in this article main factors, which determined the tempo of filling up reservoir by water, were described. Moreover influence of the precipitations and climatic conditions (like temperature, wind or atmospheric pressure) on this phenomenon was briefly characterized.