

RYSZARD KULMA*, ANDRZEJ HAŁADUS*

Hydrodynamiczne skutki likwidacji wyrobiska poeksploatacyjnego siarki w Piasecznie koło Tarnobrzega przy braku dennej warstwy izolacyjnej

Słowa kluczowe

Hydrogeologia, likwidacja kopalń, obliczenia prognostyczne

Streszczenie

Od zakończenia w 1971 r. odkrywkowej eksploatacji rudy siarkowej w kopalni Piaseczno i piasków szklarskich, wydobywanych w latach 1971—1980, wyrobisko poeksploatacyjne pozostawało w stanie niezlikwidowanym. Na dnie wyrobiska utworzył się zbiornik wodny, w którym położenie zwierciadła wody utrzymywane jest za pomocą pomp powierzchniowych.

Opracowany w 1997 r. program robót likwidacyjnych zakładał wykonanie poziomej warstwy izolacyjnej oraz synchronizację działań z inną, leżącą w pobliżu Kopalnią Siarki Machów, w której również zakończono eksploatację rudy siarkowej. Względy finansowe i organizacyjne przesądziły jednak o dezaktualizacji tego programu. Realny sposób likwidacji wyrobiska w Piasecznie będzie zatem polegał na napełnieniu zbiornika wodą do wysokości 146,0 m n.p.m. i uporządkowaniu jego otoczenia.

Badania symulacyjne wykonane na modelu hydrogeologicznym Tarnobrzeskiego Zagłębia Siarkowego umożliwiają ocenę skutków hydrodynamicznych, jakich należy oczekiwać na poszczególnych etapach procesu likwidacyjnego wyrobiska w Piasecznie. Będą one w dużej mierze zależne od osiągniętej wysokości napełnienia zbiornika i postępu prac w likwidowanej odkrywce Machów. Przedstawiona prognoza zmian stosunków wodnych pozwala na określenie dopływu wody z piętra czwartorzędowego i trzeciorzędowego, a ponadto charakteryzuje spodziewany układ pola hydrodynamicznego.

Rozpatrzone scenariusze możliwego rozwoju sytuacji w obu likwidowanych wyrobiskach poeksploatacyjnych wskazują na korzyści wynikające z niezwłocznego rozpoczęcia napełniania zbiornika w Piasecznie. Osiągnięcie docelowej wysokości zwierciadła wody musi być jednak poprzedzone wykonaniem systemu melioracyjnego. Brak rowów drenażowych sieci podstawowej i szczegółowej może prowadzić do degradacji gruntów rolnych, a dla wielu rejonów stanowić bezpośrednie zagrożenie podtopieniem.

* Dr inż., Zakład Hydrogeologii i Ochrony Wód AGH, Kraków.

Wprowadzenie

Opracowany w 1997 r. program robót likwidacyjnych zakładał wykonanie poziomej warstwy izolacyjnej w dwu wyrobiskach poeksploatacyjnych siarki, tj. w odkrywkach Machów i Piaseczno, oraz przebieg prac umożliwiający wykorzystanie istniejących maszyn, urządzeń i opracowanych technologii. Brak w latach 1997—1999 odpowiednich decyzji, a przede wszystkim środków finansowych na likwidację wyrobiska w Piasecznie, spowodował dezaktualizację przyjętego programu. Obecnie najbardziej realna koncepcja likwidacji przewiduje przemieszczenie mas ziemnych z rejonu wyrobiska (teren w granicach własności Elektrowni im. T. Kościuszki SA w Połańcu) jedynie dla poprawienia stateczności skarp brzegowych i nadania otoczeniu zbiornika Piaseczno walorów krajobrazowych. Praktycznie wykluczona została możliwość wykonania warstwy nieprzepuszczalnej na dnie istniejącego już zbiornika wodnego.

Badania symulacyjne dla nowej sytuacji, przy założeniu braku warstwy izolacyjnej na dnie wyrobiska Piaseczno, wykonane zostały na modelu hydrogeologicznym Tarnobrzeskiego Zagłębia Siarkowego (Kulma i in. 1998) z wykorzystaniem programu MODFLOW.

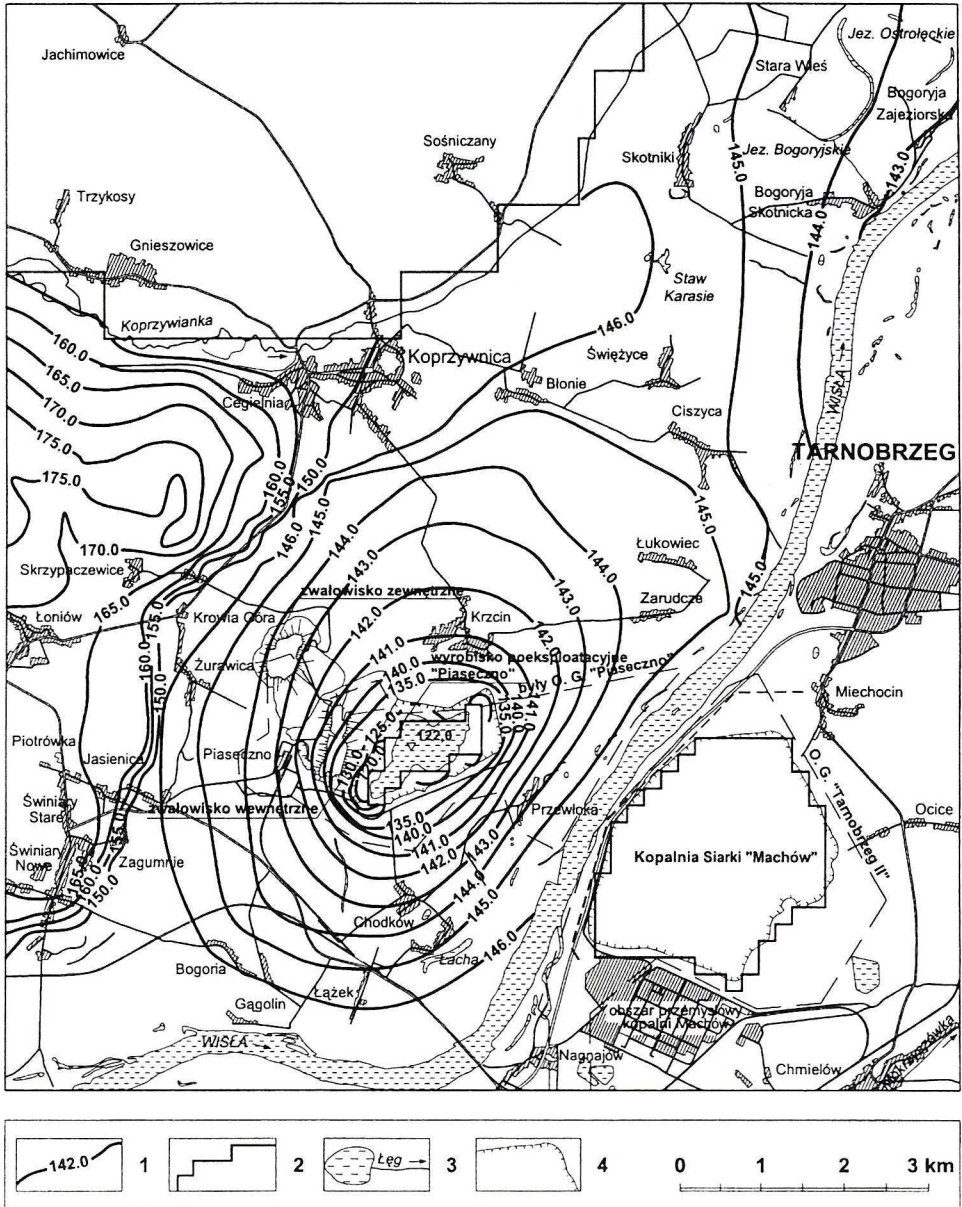
1. Zmiany warunków hydrogeologicznych spowodowanych eksploatacją złóż siarki

Intensywne odwadnianie złoża siarki, rozpoczęte przez kopalnię Piaseczno w 1956 r. i kontynuowane do dnia dzisiejszego również przez kopalnię Machów (od roku 1964), doprowadziło do głębokich przeobrażeń stosunków wodnych, zwłaszcza w obrębie piętra trzeciorzędowego. Rozcięcie warstw nadkładowych w obrębie obu odkrywek spowodowało powstanie dodatkowych, lokalnych więzi hydraulicznych. Istniejący obecnie (2000 r.) stan równowagi hydrodynamicznej utrzymuje się dzięki nieprzerwanej pracy systemów odwadniających kopalni Machów (osiągających w latach 1997—1999 wydajność około 34 200 m³/d) i pomp powierzchniowych odwadniających wyrobisko poeksploatacyjne w Piasecznie (z wydatkiem średnim około 14 600 m³/d w tym samym okresie).

Obraz pola hydrodynamicznego w piętrze czwartorzędowym (rys. 1) przedstawia sobą lokalny lej depresji obejmujący obszar położony na lewym brzegu Wisły. W jego centrum znajduje się wyrobisko poeksploatacyjne Piaseczno, w którym wielkość obniżenia poziomu wody wynosi około 25 m. Strefa obniżonego zwierciadła wód podziemnych jest wydłużona w kierunku osi SW-NE, a jej zasięg wynosi od 1 do 3 km.

Odmienny charakter ma układ piezometrycznego zwierciadła w trzeciorzędowym piętrze wodonośnym. Wyrobisko Piaseczno znajduje się na skłonie rozległego leja depresji wytworzonego pracą barier studni odwadniających w kopalni Machów. W tej regionalnej strefie obniżenia, obejmującej obszar o powierzchni ponad 100 km², wyrobisko Piaseczno zaznacza się jedynie jako lokalne zaburzenie dość monotonnego układu hydroizohips powstałego wokół znacznie głębszego systemu drenażowego.

Wynikiem prowadzonej w minionym okresie eksploatacji złoża metodą odkrywkową są zmiany środowiskowe w części obszaru zajętego przez zwałowisko wewnętrzne. Rodzime grunty sypkie i spoiste, tworzące kiedyś nadkład złoża, zostały rozmieszczone w sposób przypadkowy, co wpłynęło na bardzo wyraźne pogorszenie własności filtracyjnych utworów



Rys. 1. Położenie piezometrycznego zwierciadła w czwartorzędowym piętrze wodonośnym rejonu Piaseczna koło Tarnobrzega na podstawie badań modelowych — stan na koniec 2000 r.

- 1 — hydroizohipsy w m n.p.m., 2 — maska obszaru badań modelowych, 3 — rzeki i zbiorniki wodne,
4 — krawędź odkrywki

Fig. 1. Height of the water table in the Quaternary aquifer formation in the region of Piaseczno near Tarnobrzeg on the basis of model simulations — state at the end of 2000

- 1 — hydroisohyps in m absl (above sea level), 2 — extend of the modelled study area,
3 — rivers and water reservoirs; 4 — excavation edge

zwałowych, decydujące o warunkach przepływu strumienia wód podziemnych z kierunku zachodniego.

2. Dotychczasowe wyniki obliczeń symulacyjnych

Problematyka dopływu wody do wyrobiska poeksploatacyjnego w Piasecznie była obecna we wszystkich badaniach przeprowadzonych na modelu hydrogeologicznym rejonu Tarnobrzega (Szczepański i in. 1994; Haładus i in. 1997; Kulma i in. 1998; Kulma, Haładus 2000). Nie jest bowiem możliwe, i wymaga tego wiarygodność obliczeń, aby zaniedbać hydrauliczne oddziaływanie tego obiektu, nawet wówczas, gdy prognoza dotyczy innych zagadnień, np. związanych z likwidacją odkrywki Machów. W zależności jednak od zmieniających się w czasie koncepcji zagospodarowania wyrobiska Piaseczno było ono uwzględniane w postaci różnego rodzaju wymuszeń, stanowiących wewnętrzne warunki brzegowe obliczeń symulacyjnych.

2.1. Dopływy przy uszczelnionym dnie wyrobiska

Projekt skojarzonej likwidacji byłych odkrywkowych kopalń siarki w Machowie i Piasecznie zakładał wykonanie warstwy izolacyjnej w obu wyrobiskach poeksploatacyjnych. Stąd częściej wyniki obliczeń prognostycznych dotyczą takich właśnie warunków kształtowania się strumienia filtracyjnego w rejonie tworzonych zbiorników wodnych.

O wielkości spodziewanych dopływów wody do zbiornika w Piasecznie można wnosić na podstawie przedstawionego bilansu wodnego (Kulma i in. 1998). W warunkach, które zakładają wypełnienie zbiornika wodą do wysokości 146,0 m n.p.m. lecz nie przewidują wykonania systemu melioracyjnego na terenach zagrożonych podtopieniem, należy spodziewać się zasilania akwenu, z natężeniem około 11 000 m³/d (w tym 10 160 m³/d wody z piętra czwartorzędowego i 840 m³/d wody z piętra trzeciorzędowego).

Wykonanie rowów melioracyjnych sieci podstawowej wpłynie znacząco na zmniejszenie wielkości dopływów wody do zbiornika Piaseczno. W tej sytuacji pojawi się jednak nowy element bilansu wodnego w postaci ilości wód czwartorzędowych drenowanych przez rowy odwadniające. Wielkość ta może wynieść około 6700 m³/d, co oznacza, że łącznie z wodami dopływającymi do zbiornika wodnego odbiór wód podziemnych, głównie z piętra czwartorzędowego, osiągnie natężenie 13 800 m³/d.

Należało się spodziewać, że w warunkach braku warstwy izolacyjnej na dnie zbiornika Piaseczno prognozowane wydajności będą odpowiednio większe, przy czym wzrost dopływów będzie dotyczył głównie wody pochodzącej z piętra trzeciorzędowego.

2.2. Optymalna wysokość zwierciadła wody w zbiorniku Piaseczno

Określenie optymalnej wysokości napełnienia zbiornika wodnego w Piasecznie było przedmiotem odrębnego opracowania (Haładus i in. 1997). Badania symulacyjne dotyczyły tylko piętra czwartorzędowego, w obrębie którego przyjęto wspólne założenia odnoszące się do działania rowów melioracyjnych sieci podstawowej (na terenach zagrożonych podtopieniem)

oraz wysokości zwierciadła wody w zbiorniku Machów (145,5 m n.p.m.). Rozpatrzono natomiast trzy różne wysokości utrzymania zwierciadła wody w zbiorniku Piaseczno, wymuszone położeniem krawędzi przelewowej na kanale ulgi.

Dopływy wody do zbiornika Piaseczno, prognozowane dla najwyższej zakładanej wysokości napełnienia, równej 146,0 m n.p.m., wyniosą około 6000 m³/d. W tych warunkach przewidywany dopływ do rowów odwadniających może wynosić około 7500 m³/d. Przy niższych rozpatrywanych położeniach zwierciadła wody w zbiorniku, wynoszących 144,0 i 142,0 m n.p.m., uzyskuje się wzrost ilości wody dopływającej (odpowiednio: 9700 i 11 700 m³/d) i równoczesne obniżenie odbioru wody przez rowy melioracyjne. Skuteczność działania tych urządzeń jest więc zależna od wysokości położenia zwierciadła wody w zbiorniku Piaseczno, a zmiana o 4,0 m (od rzędnej 146,0 m n.p.m. do rzędnej 142,0 m n.p.m.) skutkuje spadkiem dopływów o ponad 70%. W takiej sytuacji rowy odwadniające przestają spełniać swoją podstawową rolę i w dużej części stają się bezużyteczne. Jest to podstawowy argument, który decyduje o tym, że optymalna wysokość napełnienia zbiornika powinna wynosić około 146,0 m n.p.m.

Brak systemu melioracyjnego w rejonie Piaseczna i zaprzestanie odbioru wody ze zbiornika spowodowałyby (Szczepański i in. 1994) jego wypełnienie do wysokości około 147,9 m n.p.m. oraz odpływ wody nadmiarowej odtworzonymi, nieistniejącymi obecnie, ciekami powierzchniowymi z natężeniem około 4200 m³/d.

2.3. Rejonizacja terenów zagrożonych podtopieniem

Wyniki badań symulacyjnych uzyskane z modelu hydrogeologicznego (Kulma i in. 1998), odnoszące się do czwartorzędowego zbiornika wód podziemnych, dają podstawę dla wskazania rejonów wyróżniających się znaczącymi zmianami warunków przepływu strumienia filtracyjnego. Rejony te, jak należało się spodziewać, występują zwłaszcza w sąsiedztwie likwidowanego wyrobiska poeksploatacyjnego w Piasecznie.

Najbardziej narażony na podtopienia jest centralny rejon tego obszaru występujący między miejscowościami Koprzywnica i Krzcin (na zachodzie) a Kamieńcem, Ciszycą, Łukowcem i Zarudziem (na wschodzie). W obrębie tego obszaru, o powierzchni około 12,0 km², możliwe jest pojawienie się wód podziemnych na powierzchni terenu. Wody te mogłyby wykorzystywać obniżenia terenowe do gromadzenia się oraz tworzenia podmokłości i lokalnych zastoi.

Relatywnie najmniejsze zagrożenie podtopieniami dotyczy terenów sąsiadujących z przyszłym zbiornikiem rekreacyjnym w Piasecznie i terenami zajęтыми przez zwałowiska kopalniane. Z jednej strony wyniosłości terenu utworzone przez nagromadzenie materiału nadkładowego, a z drugiej zachowany drenujący charakter zbiornika wodnego (którego zwierciadło wody docelowo będzie kształtować się około 2,5 m poniżej powierzchni terenu) stanowią czynniki zmniejszające ryzyko formowania się poziomu wód gruntowych zbyt blisko powierzchni terenu.

3. Istniejące i przewidywane zagospodarowanie hydrotechniczne rejonu zbiornika

3.1. Założenia i harmonogram prac likwidacyjnych w wyrobisku

Brak możliwości zastosowania sposobu likwidacji przyjętego dla Kopalni Siarki Machów skłania do znacznego ograniczenia zakresu prac w przypadku wyrobiska pogórniczego w Piasecznie. Zasadnicza różnica spowodowana jest odstępianiem od wykonania warstwy izolacyjnej na dnie zbiornika. Nie ulegają natomiast zmianie pozostałe założenia, jakie przyjęto przy opracowaniu projektu likwidacji wyrobiska Piaseczno. Przedstawiają się one następująco:

- utworzenie zbiornika wodnego o docelowym przeznaczeniu rekreacyjnym,
- zachowanie obecnego stanu zagospodarowania terenów przyległych,
- minimalizacja kosztów likwidacji.

Zakończenie prac likwidacyjnych w nieczynnym od 1981 r. wyrobisku Piaseczno powinno nastąpić do końca roku 2002. Termin ten wynika z uwarunkowań związanych z likwidacją Kopalni Siarki Machów, a konkretnie z wyłączeniem jej systemu odwadniania. Rozpocznie się wówczas proces odbudowy powierzchni piezometrycznego zwierciadła, skutkujący również zmianą dotychczasowych kierunków przepływu strumienia filtracyjnego i jego natężenia. Czynniki te mogłyby w niekorzystny sposób wpływać na przebieg prac likwidacyjnych w wyrobisku Piaseczno, powodując konieczność podjęcia stosownych działań osłonowych.

Likwidacja wyrobiska pogórniczego w Piasecznie wymaga wykonania następujących zadań (Kirejczyk i in. 2000):

- izolacja odsłoniętych warstw serii chemicznej (do końca 2001 r.) — polegać będzie na przemieszczeniu materiału separującego z warstw nadkładowych w rejonach wychodni tej serii,
- profilowanie skarp wyrobiska (do końca 2002 r.) — ma zapewnić generalny kąt nachylenia zbocza zachodniego (zwałowisko wewnętrzne) wynoszący 6° i pozostałych zboczy — 10° . Przy kształtowaniu linii brzegowej zbiornika wodnego planuje się maksymalne zachowanie istniejącej strefy nasadzeń ochronnych drzew i krzewów wokół wyrobiska,
- likwidacja zbędnych instalacji i obiektów (do końca 2003 r.) — ma doprowadzić do uporządkowania terenu wokół zbiornika i przystosowania go dla celów rekreacyjnych. Przewiduje się demontaż bocznic kolejowej, węzła rozładunkowego popiołów oraz stacji pomp powierzchniowych wraz z rurociągami,
- rekultywacja terenów przyległych do zbiornika wodnego (do końca 2006 r.) — będzie zmierzać do utworzenia kompleksu parkowo-leśnego w jego najbliższym otoczeniu i zalesienia pozostałych terenów pogórnicznych.

W miarę postępu prac likwidacyjnych możliwe będzie okresowe wyłączenie stacji pomp powierzchniowych, odprowadzających wody nadmiarowe ze zbiornika. Spiętrzenie wód zbiornikowych nie powinno jednak zagrażać podtopieniem terenów rolniczych i zabudowy mieszkalno-gospodarczej. Napełnianie zbiornika wodnego musi być zatem skoordynowane z wykonaniem systemu melioracyjno-drenażowego na terenach przyległych.

3.2. Gospodarka wodna w zbiorniku Piaseczno

Przyjęty sposób likwidacji wyrobiska poeksploatacyjnego Piaseczno zakłada samoistne jego napełnienie wodami z piętra czwartorzędowego. Taki „naturalny” sposób tworzenia zbiornika został rozpoczęty z chwilą zakończenia eksploatacji piasków baranowskich (1980 r.), a rzędna zwierciadła wody na koniec 1998 r. osiągnęła około 122 m n.p.m. Utrzymanie tej w miarę stałej wysokości napełnienia zbiornika jest efektem pracy pomp powierzchniowych i odprowadzania wód nadmiarowych do Wisły.

Zakładany brak warstwy izolacyjnej na dnie zbiornika skłania do rozpoczęcia dalszego jego napełniania niezwłocznie po uzyskaniu formalnej akceptacji projektu. Doświadczenie wynikające z przebiegu piętrzenia wody w zbiorniku w okresie od 11 stycznia do 15 października 1996 r. wskazuje, że tempo przyrostu wysokości zwierciadła było niewielkie (Kulma i in. 1997) i wynosiło średnio około 0,03 m w ciągu doby. Zauważalna była tendencja do zmniejszania się wielkości tych przyrostów w miarę upływu czasu i malejącej różnicy wysokości hydraulicznych. W warunkach naturalnych o szybkości zmian decyduwać będą również inne czynniki, w tym hydrologiczne, np. opady lub temperatura powietrza (parowanie).

Gospodarka wodna w okresie eksploatacji zbiornika sprowadzi się do utrzymania stałego poziomu wody 146,0 m n.p.m., przy zakładanym dopuszczalnym przekroczeniu o około 0,2 m. Wahania zwierciadła wody mogą być spowodowane warunkami klimatycznymi i pojawiać się w okresach suchych (obniżenie) bądź w czasie opadów lub roztopów (przyrost). Dla zachowania stałej wysokości napełnienia zbiornika przewiduje się wykonanie urządzeń hydrotechnicznych w postaci przelewu powierzchniowego i kanału ulgi.

3.3. Melioracja terenów zagrożonych podtopieniem

Teren przyszłych inwestycji, na którym przewiduje się wykonanie systemu rowów drenażowych, obejmuje powierzchnię przekraczającą 40 km². Charakteryzuje się płaską rzeźbą (rzędne wysokości terenu w przedziale 147—150 m n.p.m.) i lekkim nachyleniem w kierunku Wisły. Jedynie obiekty górnicze (wyrobisko, zwałowisko wewnętrzne i zewnętrzne) pozostałe po eksploatacji złoża siarki są elementami morfologicznymi zaburzającymi pierwotny układ. Od strony południowej i południowo-wschodniej obszar przylega do Wisły, a jego granicę wyznacza wał przeciwpowodziowy.

Pierwotna koncepcja systemu rowów drenażowych, opracowana przez „Hydroprojekt” — Warszawa (Matuszewski, Lewandowski 1996), zakładała podział obszaru na cztery zlewnie, oddzielone działami wodnymi, z których wody dopływać będą do czterech pompowni. Wyniki badań symulacyjnych (Kulma i in. 1998) wskazują jednak na konieczność objęcia działaniem melioracyjnym również innych terenów zagrożonych, położonych w rejonie miejscowości Ciszycza, Błonie, Świążyce i Kamieniec. Uzupełniony projekt (Abramczuk i in. 1997), powstały w oparciu o prognozowane mapy głębokości do zwierciadła wody, przyjmuje utworzenie dodatkowego piątego obszaru. Zlewnie te tworzą niezależne układy terytorialne zawierające sieć melioracyjną podstawową i szczegółową.

Sieć podstawowa utworzona zostanie przez rowy odwadniające główne i pompownie, wraz z towarzyszącymi im zbiornikami wyrównawczymi oraz kanałami zrzutowymi do Wisły.

Sieć szczegółowa zostanie wykonana dla obszarów obejmujących grunty rolne i sady. Składać się będzie z otwartych rowów drugorzędnych i drenów w postaci perforowanych rur z tworzyw sztucznych. Elementy tej sieci zostaną włączone do rowów odwadniających sieci podstawowej.

Prognozowany wznios zwierciadła wód podziemnych piętra czwartorzędowego, jaki nastąpi po zaprzestaniu odwadniania odkrywki Piaseczno, zmusza do ochrony budynków, a ściślej ich fundamentów i piwnic, przed zalewaniem. Przewiduje się, że kilkanaście obszarów stałej zabudowy wymagać będzie ochrony w postaci drenaży pierścieniowych.

4. Czynniki kształtujące dopływ wody do zbiornika

Zbiornik wodny utworzony w wyrobisku poeksploatacyjnym byłej Kopalni Siarki Piaseczno zajmuje obecnie (2000 r.) powierzchnię 60 ha. Przewiduje się, że po zakończeniu prac likwidacyjnych i spiętrzeniu wody w zbiorniku o około 24 m (w przedziale rzędnych od 122,0 do 146,0 m n.p.m.) jego wielkość będzie większa o 170% i wyniesie około 160 ha. Zdecydowanie, bo blisko 6-krotnie, wzrośnie natomiast pojemność wodna zbiornika, z około 5,3 mln m³ — przy obecnym stanie napełnienia, do około 31,4 mln m³ — przy napełnieniu docelowym.

W warunkach Kotliny Sandomierskiej czynniki klimatyczne, charakteryzujące się w roku hydrologicznym około 15—20% przewagą parowania z otwartych akwenów nad opadami, odgrywają jedynie drugorzędną rolę w powierzchniowym zasilaniu zbiornika wodnego Piaseczno. Ujemny wynik bilansu hydrologicznego tych dwóch elementów składowych, tj. opadu i parowania, jest jednak w przybliżeniu równoważony przez spływ powierzchniowy z obszaru około 12 km², tworzącego bezpośrednią zlewnię zbiornika.

Decydujące znaczenie w kształtowaniu dopływu wody do zbiornika mają zatem wody podziemne, przy czym wielkość opadów atmosferycznych stanowi główne źródło zasilania czwartorzędowego piętra wodonośnego. Utrzymanie w miarę stałej wysokości zwierciadła wody w zbiorniku jest możliwe tylko dzięki ciągłej pracy pomp powierzchniowych i odprowadzaniu do Wisły gromadzącej się wody nadmiarowej.

Drenaż warstw wodonośnych w rejonie wyrobiska poeksploatacyjnego przebiega na zasadzie dopływu strumienia wód podziemnych przy spadku hydraulicznym wymuszonym położeniem zwierciadła wody w zbiorniku. O wielkości dopływu decydują również parametry filtracyjne utworów piaszczysto-żwirowych (czwartorzęd) oraz wapieni siarkonośnych, piasków i piaskowców baranowskich (trzeciorzęd). Przy obecnym systemie odbioru wody pompami powierzchniowymi określenie ilości pochodzących z każdego piętra wodonośnego jest praktycznie niemożliwe. Proporcje udziału w dopływie wód pochodzących z piętra czwartorzędowego i trzeciorzędowego można wyznaczyć jedynie w sposób pośredni, np. w oparciu o badania modelowe.

Wyniki obliczeń symulacyjnych wykonane we wcześniejszych prognozach dla etapu weryfikacji modelu (Kulma i in. 1998; Kulma, Haładus 2000) odpowiadają warunkom hydrodynamicznym utrzymującym się niezmiennie od końca 1996 r. Wskazują one, że dopływ z piętra czwartorzędowego może stanowić około 90% (86—93%), natomiast z piętra trzeciorzędowego około 10% (7—14%). Niewielkie zróżnicowanie podanych wielkości wynika z odmienności

założeń dotyczących wysokości położenia zwierciadła wody w zbiorniku Piaseczno (różniącego się o $\Delta H \cong 1,7$ m), przyjmowanych dla poszczególnych rozwiązań symulacyjnych.

Pompowanie wody ze zbiornika Piaseczno prowadzone jest od 1985 r. Utrzymanie nie-likwidowanego wyrobiska poeksploatacyjnego wymaga odprowadzenia nadmiaru wody w ilościach zapewniających dopuszczalne napełnienie zbiornika poniżej rzędnej 114,0 m n.p.m. (do grudnia 1995 r.) lub poniżej 122,0 m n.p.m. (od listopada 1996 r.). W czternastoletnim okresie (1985—1998) pompowania wody ze zbiornika obserwowana jest stabilność odbioru wody z wydajnością średnią około 14 600 m³/d. Tę konieczną do utrzymania wymaganej wysokości zwierciadła wody, wydajność potwierdzają wyniki zmiany pojemności wodnej zbiornika w okresach, kiedy z różnych przyczyn następowało wyłączenie systemu odwadniania.

5. Prognoza zmian hydrodynamicznych

Obliczenia symulacyjne na modelu hydrogeologicznym, zrealizowane przy założonych warunkach brzegowych, stanowią podstawę dla dokonania oceny przebiegu zmian zachodzących w obrębie pola filtracyjnego przy postępie prac likwidacyjnych w wyrobisku poeksploatacyjnym byłej Kopalni Siarki Piaseczno i transformacji systemu odwadniania likwidowanej Kopalni Siarki Machów. W przyjmowanych założeniach uwzględnione zostały kolejne etapy procesu odbudowy stosunków wodnych w piętrach wodonośnych czwartorzędowym i trzeciorzędowym, występujących na lewym brzegu Wisły w rejonie Piaseczna.

5.1. Stan prognozowany przy utrzymaniu systemu odwadniania w likwidowanej kopalni Machów

Prace ziemne, związane z sypaniem dennej warstwy izolacyjnej i formowaniem skarp brzegowych przyszłego zbiornika wodnego w wyrobisku pogórnym Kopalni Siarki Machów, powinny zostać zakończone w 2001 r. W ostatniej ich fazie dotychczasowy system odwadniania studniami barier wewnętrznych zostanie zastąpiony barierami zewnętrznymi. Przewiduje się, że ten system studni odwadniających będzie pracować przynajmniej do czasu częściowego napełnienia zbiornika wodą, tj. do roku 2003.

Likwidacja wyrobiska poeksploatacyjnego w Piasecznie, z uwagi na przewidywany zakres i charakter prac, może rozpocząć się od 2001 r. W każdym razie możliwe jest, a nawet zalecane ze względu na wytworzenie większego naporu, rozpoczęcie piętrzenia wody w istniejącym zbiorniku. Dotychczasowe doświadczenia wskazują (Kulma i in. 1997), że prędkość napełniania nie będzie zbyt duża (średnio 0,7—0,2 m/m-c) wobec sukcesywnie zwiększającej się pojemności wodnej zbiornika i malejącej wielkości spadków hydraulicznych w jego otoczeniu.

Opierając się na tych przesłankach przyjęto w obliczeniach prognostycznych działanie systemu odwadniania kopalni Machów, jako barier wewnętrznych, tylko na etapie weryfikacji modelu, gdy zwierciadło wody w zbiorniku Piaseczno kształtowało się na rzędnej 121,3 m n.p.m.. Osiągnięcie kolejnych wysokości napełnienia, tj. 130,0 m n.p.m. i wyższych,

jest realnie możliwe w warunkach niezakończonyj likwidacji odkrywki Machów, a więc przy jej odwadnianiu studniami barier zewnętrznych.

Wysokość napelnienia zbiornika Piaseczno 121,3 m n.p.m. (etap weryfikacji modelu)

Odwadnianie trzeciorzędowej serii złożowej w rejonie wyrobiska poeksploatacyjnego Machów prowadzone jest z wykorzystaniem studni barier wewnętrznych. Uzyskują one sumaryczną wydajność około 32 630 m³/d. Wody pochodzące z drenażu utworów czwartorzędowych zrzucane są do Wisły z natężeniem średnim 2280 m³/d.

Zbiornik wodny w wyrobisku poeksploatacyjnym kopalni Piaseczno odwadniany jest pompami powierzchniowymi, które osiągają wydajność średnią około 14 950 m³/d (tab. 1). W prognozowanej ilości dopływu wody z piętra czwartorzędowego wynoszą 13 320 m³/d (89,1%), piętro trzeciorzędowe natomiast efektywnie zasila zbiornik z natężeniem 1630 m³/d (10,9%).

Wysokość napelnienia zbiornika Piaseczno 130,0 m n.p.m.

Śpiętrzenie wody do tej wysokości może trwać około 1,0—1,5 roku. Jest to okres, w którym rozpoczęte prace likwidacyjne mogą być kontynuowane. Napelnienie zbiornika Piaseczno odbywać się będzie w warunkach nieprzerwanego działania systemu odwadniania kopalni Machów. W piętrze trzeciorzędowym będzie się on opierał na pracy studni tworzących bariery zewnętrzne. Powinny one osiągać wydajność sumaryczną około 23 200 m³/d (Kulma, Haładus 2000), z czego 65% przypadać ma na studnie bariery NW, a pozostałe 35% — na studnie bariery NE.

Dopływ strumienia wód podziemnych do zbiornika Piaseczno przy wysokości napelnienia 130,0 m n.p.m. zwiększy się o około 15% i wyniesie 15 020 m³/d (tab. 1). Wody z piętra czwartorzędowego będą miały nadal udział dominujący — natężenie przepływu osiągnie 14 700 m³/d, co stanowi 97,9% ilości wód dopływających. Wyraźnie zmaleje efektywne zasilanie z piętra trzeciorzędowego, które osiągnie wydajność 320 m³/d i będzie stanowić tylko około 2,1% całkowitego dopływu.

Przyczynę niewielkiego wzrostu dopływów do zbiornika Piaseczno należy upatrywać w zmianie sposobu odwadniania odkrywki Machów, w szczególności wprowadzeniu do eksploatacji studni barier zewnętrznych. Ograniczenie ilości odbieranych wód złożowych i złagodzenie kryterium dopuszczalnej wysokości hydraulicznej w obrębie likwidowanego wyrobiska kopalni Machów skutkuje zmniejszeniem drenującego oddziaływania tego systemu. Relatywnie wzrasta zatem rola, jaką w odwadnianiu tarnobrzeskich złóż siarki spełniać musi zbiornik wodny w Piasecznie.

Wysokość napelnienia zbiornika Piaseczno 138,0 m n.p.m.

Na osiągnięcie tej wysokości potrzeba będzie upływu kolejnych 1,5—2,0 lat. Zakłada się, że w tym czasie wyrobisko poeksploatacyjne Kopalni Siarki Machów znajdzie się w końcowej fazie likwidacji, kiedy to działają jeszcze zewnętrzne bariery studni odwadniających. Wobec trudnego do przewidzenia postępu prac likwidacyjnych, związanych z budowlami hydrotechnicznymi do napelniania i odprowadzania nadmiaru wody ze zbiornika, przyjęto utrzymanie dotychczasowej wydajności studni barier NW i NE, osiągających 23 200 m³/d. W rzeczywistości prace te mogą zostać wcześniej zakończone i w zależności od ilości wody wpro-

TABELA 1

Prognozowane dopływy do zbiornika Piaseczno

TABLE 1

Prognosed inflows into the Piaseczno reservoir

| Warunki dopływów | Dopływy* wód podziemnych [m ³ /d] przy wysokości napełnienia zbiornika | | | | | | | |
|---|---|--------|---------------|--------|---------------|--------|---------------|--------|
| | 121,3 m n.p.m | piętro | 130,0 m n.p.m | piętro | 138,0 m n.p.m | piętro | 146,0 m n.p.m | piętro |
| Kopalnia Machów prowadzi odwadnianie studniami barier wewnętrznych z wydajnością 32 600 m ³ /d. Brak systemu drenażowego w rejonie Piaseczna | -13 320 | Q | — | | — | | — | |
| | -1 970/+340 | Tr | | | | | | |
| | -14 950 | Q + Tr | | | | | | |
| Kopalnia Machów prowadzi odwadnianie studniami barier zewnętrznych z wydajnością 23 200 m ³ /d. Brak systemu drenażowego w rejonie Piaseczna | — | | -14 700 | Q | -13 950 | Q | — | |
| | | | -1 020/+700 | Tr | -300/+1 700 | Tr | | |
| | | | -15 020 | Q + Tr | -12 550 | Q + Tr | | |
| Kopalnia Machów zlikwidowana, w byłym wyrobisku istnieje zbiornik wody (H _M = 145,5 m n.p.m.) Brak systemu drenażowego w rejonie Piaseczna | — | | -17 170 | Q | -16 160 | Q | -9 910 | Q |
| | | | -3 960 | Tr | -2 190 | Tr | -830 | Tr |
| | | | -21 130 | Q + Tr | -18 350 | Q + Tr | -10 740 | Q + Tr |
| Kopalnia Machów zlikwidowana, w byłym wyrobisku istnieje zbiornik wody (H _M = 145,5 m n.p.m.) W rejonie Piaseczna działa system drenażowy (rowy sieci podstawowej) | — | | — | | — | | -5 790 | Q |
| | | | | | | | -600 | Tr |
| | | | | | | | -6 390 | Q + Tr |

* znak „-” oznacza drenaż piętra wodonośnego, natomiast znak „+” zasilanie piętra trzeciorzędowego przez wody czwartorzędowe.

wadzonej do zbiornika Machów wielkość drenażu piętra trzeciorzędowego może być nawet znacząco zredukowana (Kulma, Haładus 2000).

Wyniki badań symulacyjnych wskazują, że wzrost wysokości napełnienia zbiornika Piaseczno, do rzędnej 138,0 m n.p.m. spowoduje zmniejszenie dopływu wód podziemnych (tab. 1) i w zdecydowanej większości będą to wody czwartorzędowe. Całkowite zasilanie z tego piętra wyniesie 13 950 m³/d, ale około 10% tej ilości (1400 m³/d) będzie efektywnie, poprzez dno zbiornika, migrować do piętra trzeciorzędowego.

Czas potrzebny na napełnienie wodą zbiornika Piaseczno do wysokości 138,0 m n.p.m. (ok. 2,5—3,5 lat) powinien być wystarczający, aby zakończyć likwidację wyrobiska kopalni Machów.

5.2. Stan prognozowany po zaprzestaniu odwadniania wyrobiska poeksploatacyjnego w Machowie

W końcowej fazie likwidacji wyrobiska poeksploatacyjnego w Machowie (około roku 2002—2003) przewiduje się wyłączenie systemu odwadniania studniami barier zewnętrznymi. Będzie to możliwe, gdy zwierciadło wody w utworzonym zbiorniku rekreacyjnym osiągnie rzędną 140,0 m n.p.m. Niezbyt odległe w czasie zakończenie procesu likwidacyjnego wyrobiska pogórniczego w Machowie stwarza sytuację, w której etapy likwidacji odkrywki byłej Kopalni Siarki Piaseczno mogą być wyznaczone kolejnymi wysokościami napełnienia istniejącego akwenu.

Prognoza zmian pola hydrodynamicznego dla obszaru położonego na lewym brzegu Wisły w rejonie Tarnobrzega wykonana została z uwzględnieniem warunku, w którym założono docelowe napełnienie wodą zbiornika Machów do wysokości 145,5 m n.p.m. Nie uwzględniono natomiast działania rowów podstawowych, tworzących system melioracyjno-drenażowy.

Wysokość napełnienia zbiornika Piaseczno 130,0 m n.p.m.

Rozpatrzona sytuacja miała wykazać, jakich skutków hydrodynamicznych należy się spodziewać w przypadku, gdyby napełnienie zbiornika Piaseczno zbiegło się w czasie z zakończeniem likwidacji wyrobiska w Machowie i utworzeniem w jego obrębie akwenu rekreacyjnego. Ilość wód podziemnych drenowana wówczas przez zbiornik Piaseczno wyniesie około 21 130 m³ w ciągu doby (tab. 1), w tym z piętra czwartorzędowego pochodziłoby około 17 170 m³/d (81,3%), z piętra trzeciorzędowego natomiast 3960 m³/d (18,7%).

W stosunku do porównywalnego stanu, w którym kopalnia Machów prowadzi jeszcze odwadnianie studniami barier zewnętrznymi, oznacza to wzrost natężenia dopływu wód czwartorzędowych o 16,8% i wód trzeciorzędowych aż o 1138%.

Wysokość napełnienia zbiornika Piaseczno 138,0 m n.p.m.

Prognozowany stan hydrodynamiczny stwarza możliwość oceny dopływów do zbiornika Piaseczno dla sytuacji, w której likwidacja wyrobiska poeksploatacyjnego w Machowie została zakończona. Natężenie strumienia dopływającej wody osiągnie wtedy około 18 350 m³/d (tab. 1), w tym udział wód czwartorzędowych stanowi 88,1% (16 160 m³/d), a trzeciorzędowych 11,9% (2190 m³/d). Są to zatem proporcje zbliżone do obserwowanych w innych symulowanych układach sytuacyjnych. Niekorzystnie wypada natomiast porównanie z analogicznym stanem

hydrodynamicznym osiąganym przy tej samej wysokości napełnienia zbiornika Piaseczno, ale w warunkach działania barier zewnętrznych kopalni Machów. Należy się spodziewać, że całkowita ilość wód drenowanych przez zbiornik wzrośnie o około 46,2% i efekt obserwowanego wówczas w rejonie akwenu tłokowego zasilania piętra trzeciorzędowego przez wody czwartorzędowe zostanie zastąpiony przez „normalny” dopływ wody z serii złożowej.

Wysokość napełnienia zbiornika Piaseczno 146,0 m n.p.m.

Wykonanie rozwiązania symulacyjnego miało na celu określenie końcowych skutków likwidacji wyrobisk poeksploatacyjnych siarki w Machowie i Piasecznie, w warunkach braku systemu drenażowego obszaru położonego na lewym brzegu Wisły. Czas napełnienia zbiornika Piaseczno do rzędnej 146,0 m n.p.m. będzie wynosił 6—7 lat.

Prognozowany dopływ wody do wyrobiska Piaseczno osiągnie wydajność 10 740 m³/d (tab. 1), na który składać się będą wody piętra czwartorzędowego w ilości 9910 m³/d (92,3%) i wody piętra trzeciorzędowego drenowane z natężeniem 830 m³/d (7,7%). W stosunku do poprzednio rozpatrywanej wysokości napełnienia zbiornika 138,0 m n.p.m. należy się spodziewać znacznego, bo o ponad 40%, zmniejszenia całkowitego dopływu wody, przy czym udział zanieczyszczonych wód trzeciorzędowych maleje o około 62,1%.

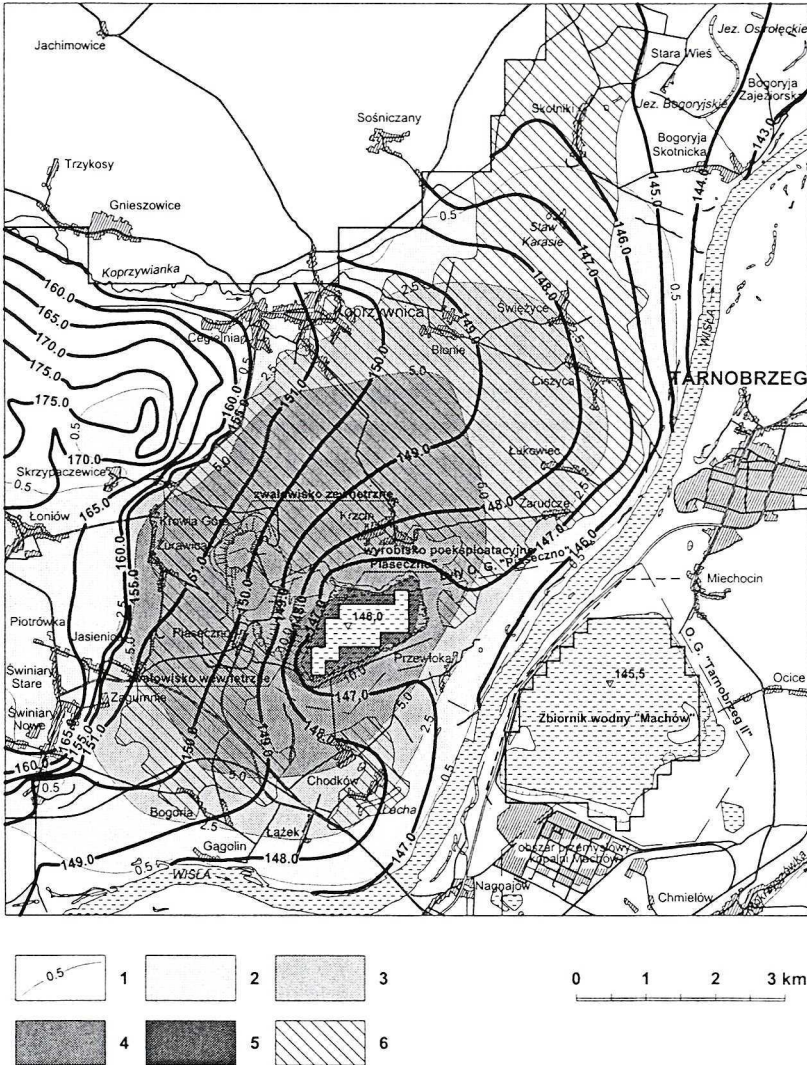
Wyniki badań modelowych, w postaci prognozowanej mapy hydroizohips (rys. 2), dają podstawę dla wskazania w otoczeniu zbiornika Piaseczno rejonu, w obrębie którego zmiany położenia zwierciadła wody mogą osiągać znaczące wielkości i oddziaływać negatywnie na środowisko gruntowe. Odniesieniem dla przewidywanych przekształceń środowiskowych może być przebieg hydroizobaty przedstawiającej głębokość do zwierciadła wody wynoszącą 1,0 m p.p.t. Wskazuje ona na tereny bezpośrednio zagrożone podtopieniem bądź tereny o niskiej przydatności rolniczej. Najbardziej narażone na podtopienia jest obszar o powierzchni około 16,5 km² położony w większości na północ od zbiornika Piaseczno, przebiegający poza zwałowiskami od miejscowości Piaseczno (na zachodzie), pomiędzy Koprzywnicą i Krzcinem (na północy) aż do Łukowca i Ciszycy (na północnym-wschodzie). W tej części obszaru możliwe jest pojawienie się wód podziemnych na powierzchni. Mniejsze zagrożenie dotyczy terenów sąsiadujących z przyszłym zbiornikiem rekreacyjnym, a praktycznie wykluczone na zajętych przez zwałowiska kopalniane.

5.3. Stan prognozowany po zaprzestaniu odwadniania wyrobiska poeksploatacyjnego w Machowie w warunkach ochrony terenów zagrożonych podtopieniem

Skutki działań likwidacyjnych niosą z sobą zagrożenie w postaci podtopień terenów, które uprzednio przez długi czas objęte były działalnością odwodnieniową. Dotyczy to głównie obszarów położonych w sąsiedztwie odkrywki Piaseczno i związane jest z docelowym, do rzędnej 146,0 m n.p.m., napełnieniem wodą utworzonego zbiornika.

Wysokość napełnienia zbiornika Piaseczno 146,0 m n.p.m.

Wprowadzenie do prognostycznych obliczeń symulacyjnych dodatkowego wymuszenia w postaci oddziaływania projektowanych rowów odwadniających sieci podstawowej pozwoliło

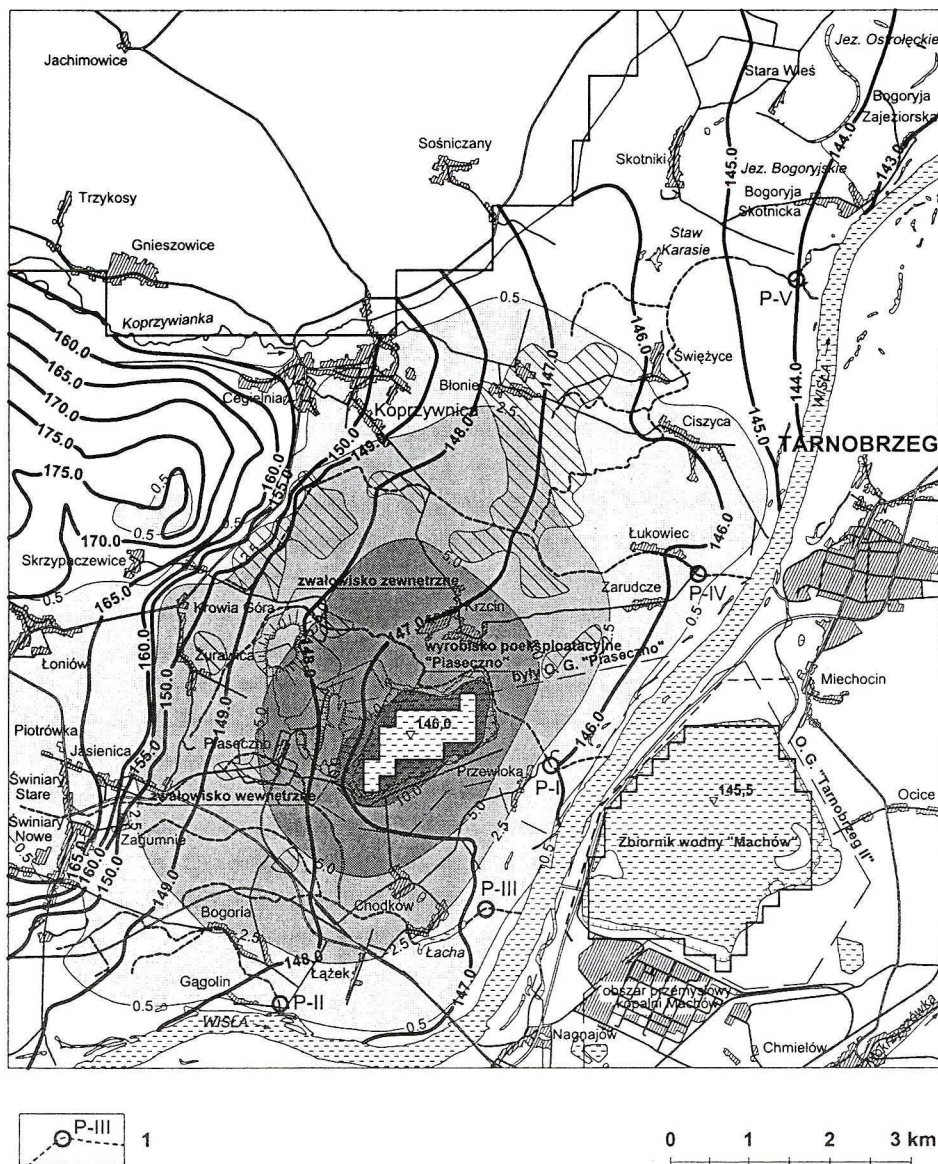


Rys. 2. Położenie piezometrycznego zwierciadła w czwartorzędowym piętrze wodonośnym rejonu Piaseczna koło Tarnobrzega na podstawie badań modelowych — stan prognozowany po likwidacji wyrobiska poeksploatacyjnego, bez działania systemu melioracyjnego

- 1 — izolinie impresji zwierciadła wody w m; 2, 3, 4 — przyrost wysokości zwierciadła wody, w stosunku do stanu z końca 2000 r., wynoszący 0,5 — 2,5 m (2), 2,5 — 5,0 m (3), 5,0 — 10,0 (4), większy niż 10,0 m (5);
6 — obszar o głębokości do zwierciadła wody mniejszej niż 1,0 m p.p.t. Pozostałe objaśnienia jak na rys. 1

Fig 2. Piezometric height of the water table in the quaternary aquifer formation in the region of Piaseczno near Tarnobrzeg on the basis of model simulations — prognosed state after liquidation of the post-exploitation excavation, without the use of a melioration system

- 1 — isoline impressions of the water table height in m; 2, 3, 4 — increase in the water table height in relation to the state at the end of the year 2000 being 0,5 — 2,5 m (2), 2,5 — 5,0 m (3), 5,0 — 10,0 (4), greater than 10,0 m (5);
6 — area with depth to the water table of less than 1,0 m bs. Remaining explanations as in fig. 1



Rys. 3. Położenie piezometrycznego zwierciadła w czwartorzędowym piętze wodonośnym rejonu Piaseczna koło Tarnobrzega na podstawie badań modelowych — stan prognozowany po likwidacji wyrobiska pocksploatacyjnego, w warunkach działania systemu melioracyjnego

1 — rowy melioracyjne sieci podstawowej wraz z przepompowniami. Pozostałe objaśnienia jak na rys.1 i 2

Fig. 3. Piezometric height of the water table in the quaternary aquifer formation in the region of Piaseczno near Tarnobrzeg on the basis of model simulations — prognosed state after liquidation of the post-exploitation excavation with the use of a melioration system

1 — melioration drainage trenches of the primary drainage network along with intermediate pumping stations.

Remaining explanations as in fig. 1 and 2

na ocenę skuteczności takiego przedsięwzięcia inwestycyjnego. Przyjęty system melioracyjno-drenażowy, składający się z pięciu rowów wraz z ich bocznymi rozgałęzieniami, umożliwi odbiór wód podziemnych piętra czwartorzędowego z sumaryczną wydajnością około $11\,920\text{ m}^3/\text{d}$ i lokalne zasilanie z natężeniem $430\text{ m}^3/\text{d}$. W tej sytuacji ulegnie znacznemu ograniczeniu ilość wody dopływająca do zbiornika Piaseczno (tab. 1). Z piętra czwartorzędowego będzie to strumień filtracyjny o wydajności $5790\text{ m}^3/\text{d}$ (90,6% całkowitego dopływu), z piętra trzeciorzędowego natomiast — około $600\text{ m}^3/\text{d}$ (9,4%).

Wyniki badań na modelu hydrogeologicznym (rys. 3) wskazują na zadowalającą skuteczność projektowanego systemu rowów odwadniających sieci podstawowej. Praktycznie całkowicie zostały wyeliminowane tereny zagrożone podtopieniem, a tereny o płytkim położeniu zwierciadła wody (mniejszym niż $1,0\text{ m p.p.t.}$) występują sporadycznie, tworząc odrębne rejony. Przywrócenie poprawnych stosunków wodno-gruntowych może w tej sytuacji zapewnić system melioracyjny sieci szczegółowej.

Podsumowanie

Obliczenia symulacyjne pola hydrodynamicznego dla czwartorzędowego i trzeciorzędowego piętra wodonośnego w rejonie Piaseczna koło Tarnobrzega zostały przeprowadzone na istniejącym (Kulma i in. 1998) modelu warstw wodonośnych. Uaktualnienie wewnętrznych warunków brzegowych, dostosowanych do sytuacji odwodnieniowej w odkrywkach Machów i Piaseczno, oraz bieżąca weryfikacja modelu doprowadziły do uzyskania zadowalającej zgodności układu rzeczywistego i odtworzonego w badaniach modelowych.

Prognoza dopływów wody do zbiornika w Piasecznie w warunkach braku dennej warstwy izolacyjnej wskazuje, że każda zmiana systemu odwadniania w likwidowanej odkrywce Machów ma określony skutek ilościowy (tab. 1). Rezygnacja z odwadniania barierami wewnętrznymi i zastąpienie ich studniami barier zewnętrznych spowoduje niewielki wzrost dopływów do wyrobiska Piaseczno (z $14\,950\text{ m}^3/\text{d}$ na $15\,020\text{ m}^3/\text{d}$), przy czym blisko dwukrotnie zmniejszy się drenaż wód trzeciorzędowych. Również zaprzestanie odwadniania odkrywki Machów po utworzeniu w niej zbiornika wodnego uwidoczni się kolejnym wzrostem dopływów do zbiornika Piaseczno. W tym przypadku zwiększenie całkowitej ilości dopływającej wody może wynosić około 40% (wzrost wydajności z $15\,020$ na $21\,130\text{ m}^3/\text{d}$).

Niekorzystna tendencja wzrostu dopływów wód trzeciorzędowych do zbiornika Piaseczno, obserwowana przy zmianie sposobu odwadniania wyrobiska poeksploatacyjnego w Machowie, stopniowo zanika w miarę jego napełniania (tab. 1). Zmiana wysokości piętrzenia wód zbiornikowych ze $130,0$ na $138,0\text{ m n.p.m.}$ powoduje zmniejszenie całkowitych dopływów o około 13% (z $21\,130$ na $18\,350\text{ m}^3/\text{d}$), w tym z piętra trzeciorzędowego o blisko 45%. Kolejne podniesienie zwierciadła wody w zbiorniku Piaseczno ze $138,0$ na $146,0\text{ m n.p.m.}$ ogranicza drenaż wód podziemnych o ponad 40% (z $18\,350$ na $10\,740\text{ m}^3/\text{d}$), w tym wód z piętra trzeciorzędowego o 62,1%.

Korzystne jest, z uwagi na możliwość wytworzenia dodatkowego naporu wody, niezwłoczne rozpoczęcie prac likwidacyjnych w odkrywce Piaseczno. Zaprzestanie pompowania wody z wyrobiska poeksploatacyjnego w warunkach działającego jeszcze systemu odwadniania

odkrywki Machów pozwoliłoby uzyskać efekt tłokowego wyparcia zanieczyszczonych wód trzeciorzędowych. Konieczne jest do tego spiętrzenie wody w zbiorniku Piaseczno do wysokości około 138,0 m n.p.m.

Zakończenie likwidacji wyrobiska poeksploatacyjnego w Piasecznie i utworzenie w jego obrębie zbiornika wodnego z poziomem zwierciadła wody na rzędnej 146,0 m n.p.m. może doprowadzić do podtopienia terenów leżących po zachodniej i północnej stronie wyrobiska. Tereny zagrożone niekorzystną zmianą stosunków wodnych obejmują powierzchnię około 16,5 km². Zapewnienie dotychczasowych warunków rolniczego użytkowania terenów wiązać należy z wykonaniem systemu melioracyjno-drenażowego. Projektowane ciągi pięciu rowów sieci podstawowej cechują się zadowalającą skutecznością odwadniania, czym zapewniają właściwą ochronę terenów zagrożonych podtopieniem.

LITERATURA

- Abramczuk W., Smolski B., Tejwan K., 1997 — Ekspertyza warunków glebowo-wodnych dla określenia danych do projektowania systemów melioracyjno-drenażowych na terenach przyległych do zbiornika Piaseczno. Hydroprojekt — Warszawa sp. z o.o., Warszawa.
- Haładus A., Kulma R., Kania J., 1997 — Wariantowe prognozy kształtowania się poziomu wód podziemnych w rejonie wyrobiska Piaseczno z określeniem rejonów wymagających odwadniania. Przedsiębiorstwo Usługowo-Consultingowe GEA sp. z o.o., Kraków.
- Kirejczyk J., Uberman R., Matuszewski J., 2000 — Studium nowego sposobu likwidacji wyrobiska Piaseczno. OBR PS Siarkopol, Tarnobrzeg.
- Kulma R. [red.] i in., 1998 — Prognoza skutków środowiskowych w związku z planowanym zaprzestaniem odwadniania kopalni odkrywkowej siarki w Machowie. AGH, Kraków.
- Kulma R., Haładus A., 2000 — Aktualizacja prognoz związanych z odwadnianiem utworów trzeciorzędowych w Kopalni Siarki Machów na podstawie badań modelowych (etap II — okres działania barier zewnętrznych). AGH, Kraków.
- Kulma R., Haładus A., Frankiewicz A., 1997 — Dynamika zmian stosunków wodnych w rejonie wyrobiska poeksploatacyjnego siarki w Piasecznie koło Tarnobrzega. Gosp. Sur. Min. t. 13, z. 3.
- Matuszewski J., Lewandowski R., 1996 — Studium programowo-przestrzenne likwidacji wyrobiska Piaseczno. Hydroprojekt — Warszawa sp. z o.o., Warszawa.
- Szczepański A., Haładus A., Kulma R., 1994 — Prognoza hydrogeologicznych skutków likwidacji wyrobiska Kopalni Siarki Machów (część hydrodynamiczna — badania modelowe). AGH, Kraków.

HYDRODYNAMIC EFFECTS OF LIQUIDATING POST-EXPLOITATION SULPHUR WORKS WHICH LACK AN ISOLATING BOTTOM LAYER AT PIASECZNO IN THE TARNOBRZEG REGION**Key words**

Hydrogeology, mine liquidation, prognostic calculations

Abstract

Upon completion of surface sulphur mining activities in 1971, the Piaseczno mine was exploited for quartz sand in the years 1971—1980 and since then the post-exploitation workings were left in an unliquidated state. In the mine excavation a reservoir of water has formed, in which the water level is kept constant by the use of surface pumps.

A 1997 mine liquidation program proposed the construction of a horizontal isolating layer and the synchronization of dewatering activities with the nearby Machów Sulphur mine at which the exploitation of sulphur has also been completed. As a result of financial and organizational decisions this program was not implemented. A realistic method for liquidating the Piaseczno works will depend upon the filling of the reservoir to a height of 146.0 m. a.s.l. and improving the surrounds.

Simulation studies performed on a hydrogeological model of the Tarnobrzeg Sulphur Depression enabled the hydrodynamic effects of liquidation of the sulphur mines Machow and Piaseczno to be evaluated as they would occur during each phase of liquidation. This will to a large degree depend on the attained increase of the water level in the reservoir and the progress of liquidation works at Machów. The presented prognosis of changes to the water relations allows the description of the inflows from the Quaternary and Tertiary formations and also characterizes the expected distribution of the hydrodynamic fields.

Consideration of all the possible situation development scenarios in both liquidated post-exploitation excavations showed that the immediate filling of the reservoir in Piaseczno would be beneficial. Achievement of the target water level height should be preceded by the implementation of a melioration system. A lack of primary and specialized drainage trenches can lead to the degradation of agricultural grounds, and for some regions can constitute a direct threat due to flooding.