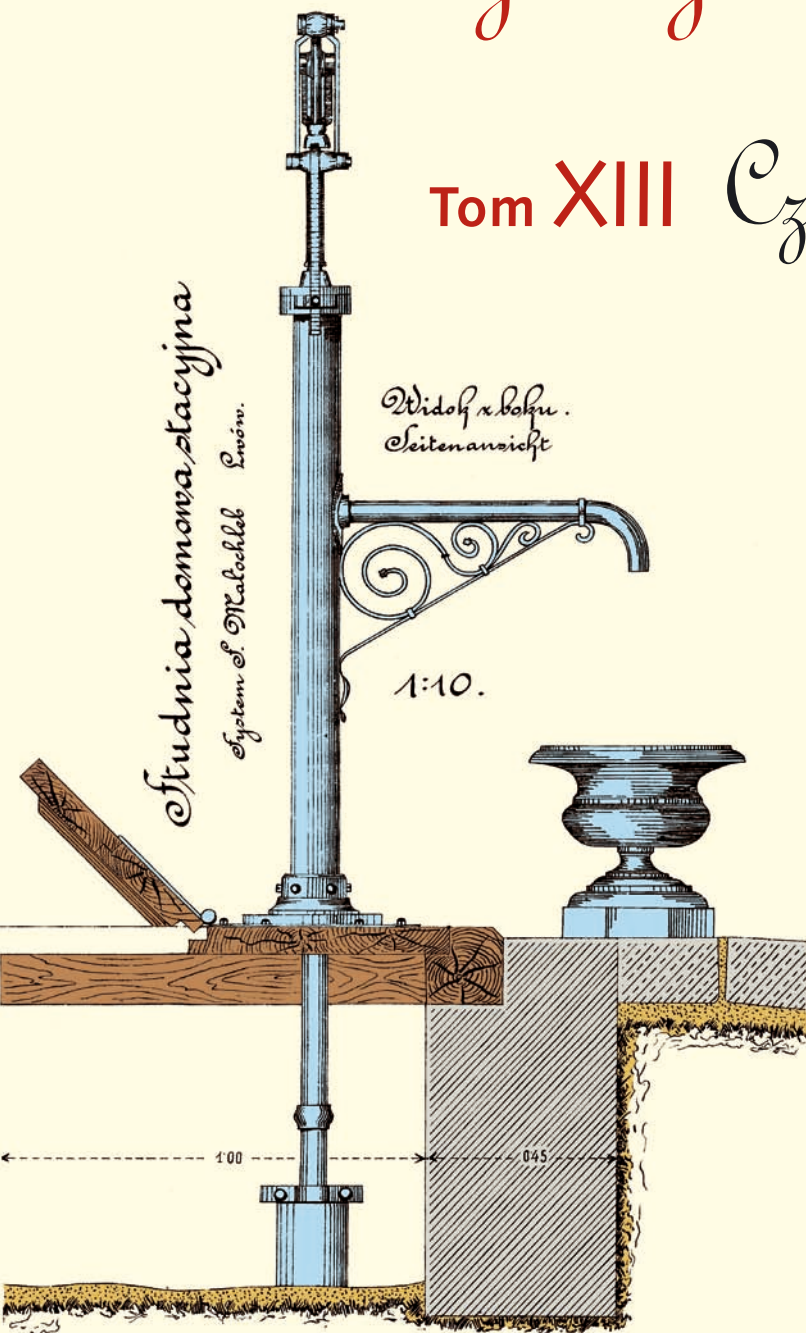


Współczesne problemy hydrogeologii

Tom XIII Część 3.



Copyright © Wydział Geologii, Geofizyki i Ochrony Środowiska AGH, Kraków 2007



Wydanie publikacji zostało sfinansowane przez
Narodowy Fundusz Ochrony Środowiska
i Gospodarki Wodnej

Recenzenci:

Jadwiga Szczepańska
Wojciech Ciężkowski
Józef Górski
Andrzej Kowalczyk
Ewa Krogulec
Grzegorz Malina
Jerzy Małecki
Marek Marciniak
Jacek Motyka
Marek Nawalany
Jan Przybyłek
Andrzej Rózkowski
Andrzej Sadurski
Andrzej Szczepański
Stanisław Staško
Stanisław Witczak
Andrzej Zuber

Redakcja: Andrzej Szczepański, Ewa Kmiecik, Anna Żurek

Teksty artykułów w częściach 2. i 3. zostały wydrukowane z wersji elektronicznej dostarczonej przez Autorów, metodą bezpośredniej reprodukcji (*camera ready*)

Projekt okładki i stron tytułowych: Andrzej Tomaszewski

Na okładce: fragment projektu studni miejskiej we Lwowie z 1906 roku
— ze zbiorów prof. **Antoniego S. Kleczkowskiego** (1922–2006)

Korekta: Zespół

Skład komputerowy systemem $\text{T}_{\text{E}}\text{X}$: pre $\text{T}_{\text{E}}\text{X}$ t, www.pretext.com.pl

Druk: ROMA-POL, www.romapol.pl

ISBN-13 978-83-88927-16-4

Jacek Szczepiński, Zbigniew Stachowicz

Modelowanie matematyczne dla oceny wpływu odwadniania projektowanej odkrywki „Piaski” KWB Konin S.A. na środowisko wodne

Mathematical Modelling of the “Piaski” KWB Konin S.A. Open-Pit Mine Dewatering for the Water Environment Impact Assessment

Słowa kluczowe modelowanie przepływu, odwadnianie, środowisko

Key words flow modelling, dewatering, environment

Abstract

The dewatering operation in the “Piaski” open-pit mine is planned from 2008. According to the present conception the lignite production will finish in 2036. Taking into account hydrogeological conditions, three hydrostratigraphic units were distinguished in the area of potential impact of dewatering: overburden aquifer, lignite underlying aquifer and cretaceous aquifer. The water wells dewatering system will be applied. To simulate dewatering impact on water environment MODFLOW with Groundwater Vistas have been used. Based on the quasi 3D two-layered numerical model with area of 1550 km², groundwater flow system was simulated in the natural conditions as well as in the conditions changed due to mine dewatering operations. The boundary conditions were selected to represent the flow pattern.

The results indicate that because of mine dewatering the range of the cone of depression will amount to 3–5 km. Groundwater recharge originate mainly from the infiltration of precipitation and additionally infiltration from Czarna Struga river of about 0.2 m³/s. Open-pit dewatering may results in decrease of baseflow to Warta river by about 1.9 m³/min.

1. Wstęp

Odkrywka węgla brunatnego „Piaski” będzie kolejnym uruchamianym zakładem górniczym Kopalni Węgla Brunatnego „Konin” S.A. Rozpoczęcie zdejmowania nadkładu planowane jest w 2010 roku, a w rok później przewiduje się wydobywanie pierwszego węgla. Zdolność wydobywcza zakładu górniczego wyniesie około 3.5 mln ton węgla rocznie. Według obecnych założeń eksploatacja węgla w tej odkrywce zakończy się w 2036 roku.

Przepisy prawa polskiego stanowią, by decyzja o rozpoczęciu robót górniczych została poprzedzona oceną oddziaływania inwestycji na środowisko. Jednym z podstawowych elementów takiej oceny jest określenie wpływu odwadniania na środowisko wodne. W tym celu wykonano obliczenia na regionalnym numerycznym modelu przepływu wód podziemnych, obejmujący rejon projektowanej odkrywki.

2. Charakterystyka rejonu złoża Piaski

2.1. Położenie terenu i warunki klimatyczno-hydrograficzne

Złoże węgla brunatnego „Piaski” leży w północnej części Niziny Wielkopolskiej, we wschodniej części województwa wielkopolskiego, w obszarze międzyrzecza Proсны i Warty (rys. 1). Rzędne terenu w rejonie złoża wynoszą od 85 do 110 m n.p.m. i obniżają się w kierunku północnym, ku korytu Warty. Głównymi czynnikami rzeźbotwórczymi były zlodowacenia plejstoceńskie oraz procesy denudacyjne okresu peryglacjalnego i holocenu.

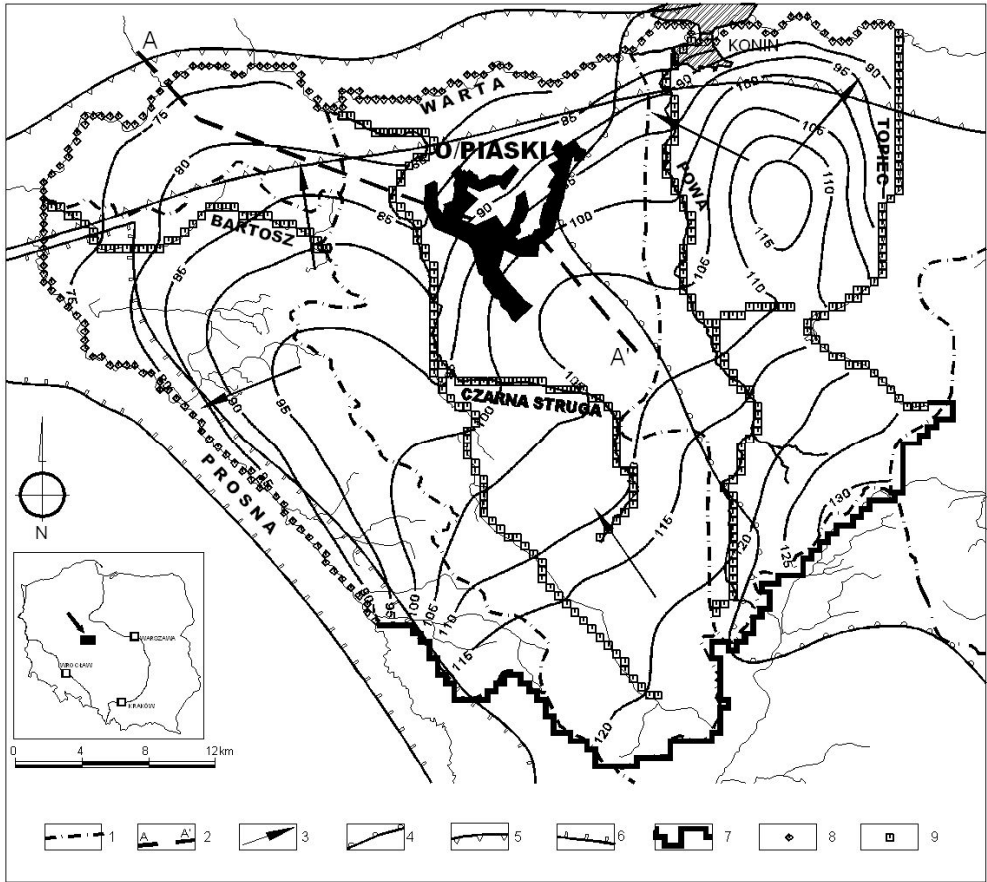
Średni roczny opad wynosi około 550 mm. Parowanie terenowe wynosi 471 mm, a parowanie z wolnej powierzchni wody ok. 880 mm. Na obszarze złoża sieć hydrograficzna jest słabo rozwinięta, a głównym jej elementem jest lewobrzeżny dopływ Warty - rzeka Czarna Struga, której dorzecze obejmuje około 95% powierzchni złoża.

2.2. Zarys budowy geologicznej i warunki hydrogeologiczne

Rejon złoża położony jest w południowo-zachodniej części Niecki Mogileńsko-Łódzkiej, która w partiach stropowych zbudowana jest z osadów kredy górnej. Jest to monotony, słabo zmienny kompleks skalny, który budują głównie margle (rys. 2). Uwzględniając warunki udostępniania i odwadniania złoża, w obszarze potencjalnego wpływu odwadniania złoża „Piaski” wydzielono trzy poziomy wodonośne: nadkładowy, podwęglowy i kredowy

Nadkładowy poziom wodonośny występuje w utworach piaszczystych czwartorzędu i trzeciorzędowego zalegających nad pokładem węgla brunatnego, a poza granicami złoża głównie w utworach czwartorzędu. Warstwa piasków przypowierzchniowych cechuje się niewielką zasobnością. Znacznie zasobniejszy poziom wodonośny tworzą mięjsze i rozległe warstwy piasków podglinowych. Utwory piaszczyste trzeciorzędowego nadwęglowego występują najczęściej w postaci soczew i mają w niektórych rejonach złoża istotne znaczenie w budowie poziomu nadkładowego. Współczynniki filtracji w rejonie złoża wynoszą od 2.54

m/d do 10.42 m/d, średnio 5.93 m/d, a odsączalność grawitacyjna 0.1 – 0.13 (Dziedziak, 1996). Czwartorzędowe warstwy wodonośne na północ od projektowanej odkrywki należą do GZWP nr 150 – Pradolina Warszawa – Berlin (Kleczkowski, 1990).

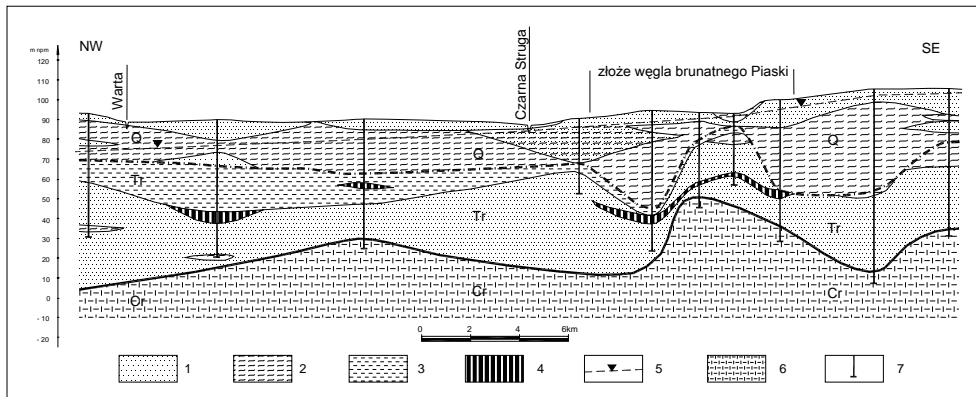


Rysunek 1. Mapa hydroizohips [m n.p.m.] poziomu II w rejonie złoża Piaski w warunkach naturalnych. Objaśnienia: 1 – granice wododziałów; 2 – linia przekrojowa; 3 – główne kierunki przepływu wód podziemnych; 4 – granica GZWP nr 151; 5 – granica GZWP nr 150; 6 – granica GZWP nr 311; 7 – warunek brzegowy II rodzaju $Q=0$; 8 – warunek brzegowy I rodzaju $H = \text{const.}$; 9 – warunek brzegowy III rodzaju $H = f(Q)$

Figure 1. The groundwater table map for layer II [m a.s.l.] in the “Piaski” deposit area for premining conditions. Explanations: 1 – watershed boundaries; 2 – cross section; 3 – main groundwater flow directions; 4 – GZWP no 151 boundary; 5 – GZWP no 150 boundary; 6 – GZWP no 311 boundary; 7 – specified flow boundary $Q=0$; 8 – specified head boundary $H = \text{const.}$; 9 – head dependent boundary $H = f(Q)$

Podwęglowy poziom wodonośny występuje w serii piasków drobno i średnioziarnistych zalegających na mułkach i mułowcach paleogenu, bądź na utworach kredowych. Występują

one praktycznie na całym obszarze złoża. Ich miąższość wynosi od 6 do 21 m, średnio około 12 m. Współczynniki filtracji wynoszą od 0.79 m/d do 16.75 m/d, średnio 6.67 m/d; odsączalność sprężysta od 0.000491 do 0.002, a odsączalność gravitacyjna 0.14.



Rysunek 2. Przekrój hydrogeologiczny w rejonie złoża Piaski (A–A’).

Objaśnienia: 1 – piaski drobnoziarniste i średnioziarniste; 2 – gliny; 3 – iły; 4 – węgiel brunatny; 5 – zwierciadło wody w stanie naturalnym; 6 – margle; 7 – otwory dokumentacyjne; Q – czwartorzęd; Tr – trzeciorzęd; Cr - kreda

Figure 2. The hydrogeological cross-section through the “Piaski” deposit area (A–A’).

Explanations: 1 – fine and medium sands; 2 – clays; 3 – silts; 4 – lignite; 5 – water table in natural conditions; 6 – marls; 7 – boreholes; Q – Quaternary; Tr – Tertiary; Cr - Cretaceous

Kredowy poziom wodonośny występuje w utworach kredy górnej, reprezentowanych głównie przez margle, niekiedy z przewarstwieniami mułowców. Utwory te, dzięki istniejącej sieci spękań i szczelin, stanowią zbiornik wód podziemnych, na którym często bazują okoliczne ujęcia wody. Średni współczynnik filtracji utworów kredowych w rejonie złoża wynosi 3.82 m/d, a odsączalność sprężysta 0.00368. Niewielka izolacja podłoża kredowego od poziomu podwęglowego, a miejscami jej brak sprzyja kontaktom hydraulicznym między tymi poziomami. O istnieniu tych kontaktów świadczą podobne rzędne zwierciadła tych wód i słabo zróżnicowany skład chemiczny wód. Warstwy wodonośne kredy na zachód od projektowanej odkrywki „Piaski” należą do GZWP nr 151 – Turek-Konin-Koło (Kleczkowski, 1990).

2.3. Układ krążenia wód podziemnych w warunkach naturalnych

Wody poziomu czwartorzędowego zasilane są bezpośrednio przez opady atmosferyczne, a w przypadku istnienia warstw głębszych, pośrednio przez przesączanie lub przez okna hydrogeologiczne. Powierzchnia piezometryczna występuje na rzędnych od 120–140 m n.p.m. w obszarze zasilania do 75–80 m n.p.m. w rejonie Warty; w rejonie złoża od 80–100 m n.p.m. Na przepływ wód w tym poziomie ma wpływ drenujący charakter przepływających rzek – Proсны, Warty, Czarnej Strugi, Powy i Topca.

Zwierciadła wody poziomów podwęglowego i kredowego stabilizują się na zbliżonej wysokości. Wody podziemne zasilane są na drodze przesączania wód z kompleksu czwartorzędowego lub bezpośrednio przez okna hydrogeologiczne. Rzędne zwierciadła wody stabilizują się poniżej zwierciadła czwartorzędowego i wynoszą od 120–135 m n.p.m. w obszarze zasilania do 75–80 m n.p.m. w rejonie Warty; w rejonie złoży 85 do 100 m n.p.m.

Strefami zasilania kompleksów wodonośnych są wysoczyzny morenowe występujące w południowo-wschodniej części obszaru w rejonie Wysoczyzny Tureckiej. Generalne nachylenie powierzchni piezometrycznej jest w kierunku północno-zachodnim, ku głównej bazie drenażu rzecze Warcie, a w zachodniej części obszaru ku Prośnie. Poziomy wodonośne kontaktują się bezpośrednio, głównie w rejonie doliny warszawsko-berlińskiej, a na pozostałym obszarze, w rejonach występowania okien hydrogeologicznych.

3. Eksploatacja i odwadnianie złoży Piaski

Eksploatacja złoży węgla brunatnego „Piaski” odbywać się będzie metodą odkrywkową. Zgodnie z przyjętą technologią górnictwem, zakłada się udostępnienie złoży w 2010 roku, w części północnej i postęp eksploatacji w kierunku południowym. Zakończenie eksploatacji górnictwem planowane jest w 2036 roku (Strempek, Bajcar, 2006). Przyjęto, że dla odwodnienia węglowego odkrywki zrealizowany zostanie system studni barier zewnętrznych, zlokalizowanych wzdłuż skarp zewnętrznych oraz studni barier wewnętrznych zlokalizowanych równolegle do frontów eksploatacyjnych. Głębokość studni wynosić będzie od 60 do 90 m. Ich zadaniem będzie obniżenie zwierciadła wód podziemnych do rzędnych od +55 do +30 m n.p.m. i wytworzenie w obszarze złoży depresji od około 30-60 m. Wody z systemu odwodnienia odprowadzane będą do Warty przez sieć rurociągów rowów i kanałów.

4. Model numeryczny przepływu wód podziemnych

4.1. Cel i zakres badań modelowych

W celu określenia zmian warunków hydrodynamicznych w okresie odwadniania odkrywki „Piaski”, wykorzystano programy MODFLOW (McDonald, Harbaugh, 1984) i Groundwater Vistas. Pierwszym etapem realizacji zadania było wykonanie modelu przepływu wód podziemnych w rejonie złoży w warunkach naturalnych, tj. przed uruchomieniem eksploatacji systemu odwadniania. W okresie tym przyjęto stacjonarny model filtracji. W drugim etapie wykonano obliczenia prognostyczne, w warunkach filtracji nieustalanej, dla 7, 17 i 27 roku pracy systemu odwadniania.

4.2. Model koncepcyjny i warunki brzegowe zewnętrzne

W celu odtworzenia naturalnych warunków krążenia wód podziemnych zbudowano quasi-trójwymiarowy dwuwarstwowy model numeryczny, który objął obszar o powierzchni 1550 km², z dyskretyzacją w siatce kwadratowej, w układzie 90 wierszy i 109 kolumn.

Przyjęto istnienie dwóch poziomów wodonośnych: kompleksu porowego, czwartorzędowego i trzeciorzędowego nadwęglowego – zwanego poziomem I, oraz kompleksu porowo-szczelinowego, na który składa się poziom szczelinowy jury i kredy oraz poziom wodonośny w piaskach trzeciorzędowych i trzeciorzędowych podwęglowych na obszarze złoża – zwanego poziomem II.

Granice modelu wykraczają poza obszar prognozowanego zasięgu leja depresyjnego odkrywki „Piaski”. Północna granica przebiega rzeką Wartą, granica zachodnia wzdłuż rzeki Proсны, a granica południowa wzdłuż wododziału pomiędzy zlewnią Proсны i Warty. Od strony wschodniej granica przebiega wzdłuż rzeki Topiec. Granice modelu określone zostały warunkami brzegowymi I rodzaju $H = \text{const}$, II rodzaju $Q = 0$ oraz III rodzaju $Q = f(H)$ (rys. 1).

4.3. Infiltracja efektywna, kontakty hydrauliczne i parametry filtracyjne na modelu

Wielkość zasilania poziomu wodonośnego poprzez infiltrację opadów atmosferycznych określona została warunkiem brzegowym II rodzaju $Q = \text{const}$. Wielkość infiltracji jest obszarowo zróżnicowana i przy przyjętej stałej wielkości opadów atmosferycznych w wysokości 550 mm/rok, zależy wyłącznie od wykształcenia litologicznego powierzchni terenu. W modelu wprowadzono trzy strefy modułu zasilania powierzchniowego 1. strefa o wartościach od 4.6 do 6.0% opadów atmosferycznych, 2. strefa o wartościach od 7.0 do 8.6% opadów atmosferycznych i 3. strefa o wartościach od 13.9 do 15.3% opadów atmosferycznych.

Proces przesączania między warstwami wodonośnymi poprzez warstwę półprzepuszczalną realizowano za pomocą tzw. parametru przesączania (modułu przesączalności pionowej). Na podstawie warunków hydrogeologicznych i przeprowadzonego tarowania, w obszarze modelu wydzielono trzy strefy kontaktów hydraulicznych charakteryzujących dobry, średni i słaby kontakt hydrauliczny pomiędzy poziomami, różnicując je od 1 do 0.0001 1/d.

Rozkład wytarowanych wielkości współczynnika filtracji dla poziomu I waha się od 0.02 m/d w rejonie wododziału pomiędzy rzekami Pową i Topcem do 30 m/d w obszarze na południe od miejscowości Rychwał oraz w rejonie Zbierska. W rejonie złoża Piaski współczynnik filtracji poziomu nadkładowego wynosi od 1 do 5 m/d. Współczynnik odsączalności grawitacyjnej dla poziomu I przyjęto w wysokości 0.12. W przypadku poziomu II, zasadniczego z punktu widzenia odwodnienia odkrywki, najlepsze warunki hydrogeologiczne istnieją w północnym rejonie złoża Piaski, gdzie współczynnik filtracji wynosi 20.0 m/d. Współczynnik filtracji obniża się w kierunku na południe i wynosi od 1.5 do 2.5 m/d. Współczynnik odsączalności grawitacyjnej dla poziomu II przyjęto w wysokości 0.14, natomiast współczynnik zasobności 0.001.

4.4. Odtworzenie naturalnych warunków przepływu wód podziemnych

Obliczony na podstawie badań modelowych moduł zasilania opadowego dla całego analizowanego obszaru wyniósł 1.28 l/s/km². Wykazuje on zgodność z modelem obliczonym dla międzyrzecza Warty-Proсны wynoszącym 1.51 l/s/km² (przy uwzględnieniu

odwodnień kopalnianych w rejonie Adamowa i Turka, gdzie moduł zasilania wzrasta do 3.3. l/s/km²) (Dąbrowski i in., 1995). Obliczony na podstawie modelu drenaż wód podziemnych przez rzekę Czarną Strugę wyniósł 0.57 m³/s. Średni roczny przepływ pochodzenia podziemnego dla tej rzeki, dla okresu wielolecia 1951-1970 wyniósł 0.62 m³/s (Nowak i in., 1996).

Zasilanie poziomu I stanowi około 7.4% opadów atmosferycznych. Zasilanie poziomu II stanowi około 1.9% wielkości opadów atmosferycznych. Poziom I prawie całkowicie zasilany z opadów atmosferycznych drenowany jest w 75% przez rzeki, natomiast 25% wód infiltruje do poziomu II, który drenowany jest przez rzeki Wartę i Prosnę.

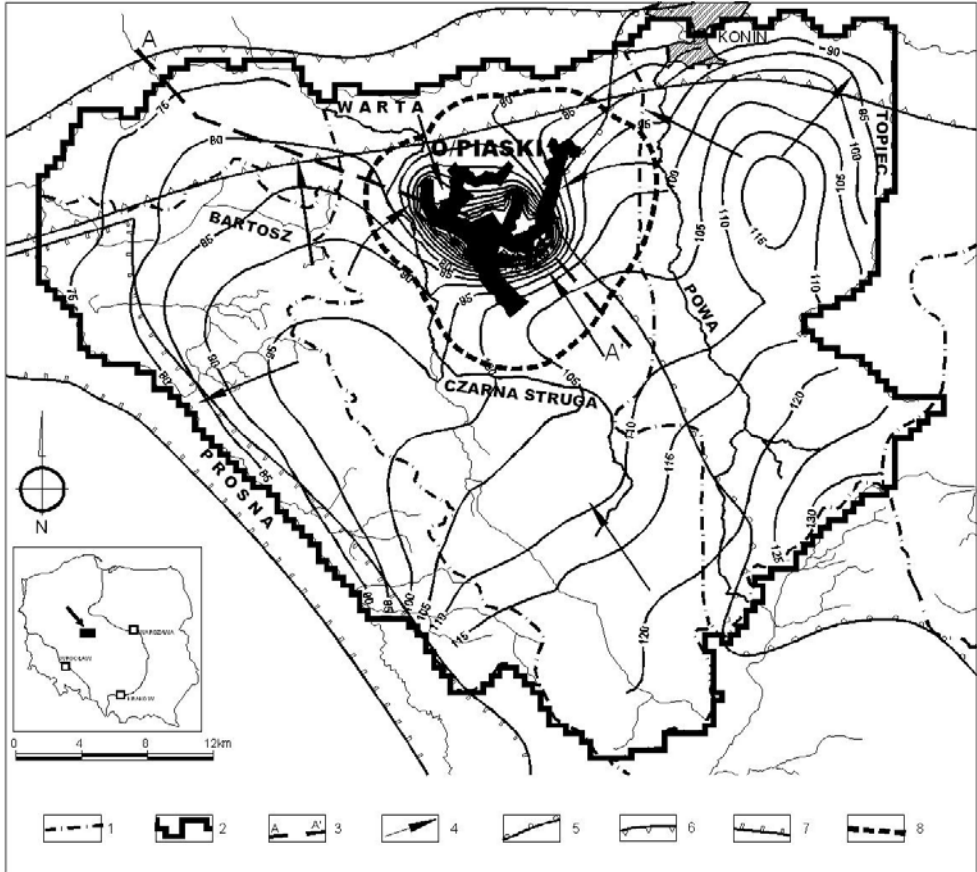
5. Model warunków hydrodynamicznych kształtujących się pod wpływem pracy systemu odwadniania

5.1. Zmiany w modelu numerycznym

Do modelowania przepływu wód podziemnych w warunkach ich drenażu przez system odwadniania odkrywki „Piaski” wykorzystano model numeryczny o identycznych granicach i warunkach brzegowych zewnętrznych, jak dla warunków naturalnych (rozdz. 4).

Założono, że w schemacie obliczeniowym rozwój eksploatacji odkrywki odwzorowywany będzie w następujących cyklach czasowych: 2008–2015, 2016–2025 oraz 2026–2036, przy założeniu niestabilnych warunków filtracji. Wymagało to uaktywnienia zbiorów tablic odsączalności grawitacyjnej i pojemności wodnej dla poziomu II. Jako warunki początkowe przyjęto rozkład ciśnień hydrostatycznych obliczony przez model dla warunków naturalnych. W schemacie obliczeniowym przyjęto, iż system odwadniania odwzorowany będzie poprzez przyporządkowanie blokom siatki dyskretyzacyjnej rozmieszczonym na konturze odwadniania odkrywki „Piaski” warunku brzegowego wewnętrznego I rodzaju $H = f(t)$. Jego zasięg został ograniczony obszarem przewidywanym do wybudowania studni. Ze względu na kontakty hydrauliczne obu poziomów wodonośnych w rejonie złoża, warunkami brzegowymi wewnętrznymi I rodzaju objęty został poziom II, jako zasadniczy z punktu widzenia odwodnienia.

Na obszarze objętym odwodnieniem górniczym zmieniają się naturalne proporcje składników bilansu wodnego. W zrealizowanym modelu, na obszarze objętym wpływem leja depresyjnego, tam gdzie zwierciadło wody obniżyło się o 2 metry, zwiększona została wielkość infiltracji efektywnej. Na podstawie wcześniejszych badań prowadzonych w obszarach znajdujących się pod wpływem odwadniania kopalń odkrywkowych węgla brunatnego (Dąbrowski i in., 1995) przyjęto, że infiltracji efektywna wzrośnie do 50% średniej wielkości opadów atmosferycznych, tj. do 0.000753 m/d.



Rysunek 3. Prognoza położenia zwierciadła wody [m n.p.m.] po 17 latach odwadniania poziomu II w rejonie projektowanej odkrywki „Piaski”. Objaśnienia: 1 – granice wododziałów; 2 – granica modelu matematycznego; 3 – linia przekrojowa; 4 – główne kierunki przepływu wód podziemnych; 5 – granica GZWP nr 151; 6 – granica GZWP nr 150; 7 – granica GZWP nr 311; 8 – prognozowany maksymalny zasięg izoliny depresji $s = 1\text{m}$

Figure 3. Computer model prediction of the configuration of the water table after 17 y of dewatering for layer II [m a.s.l.] at the site of proposed “Piaski” open pit. Explanations: 1 – watershed boundaries; 2 – mathematical model boundary; 3 – cross section; 4 – main groundwater flow directions; 5 – GZWP no 151 boundary; 6 – GZWP no 150 boundary; 7 – GZWP no 311 boundary; 8 – maximal range of the cone of depression $s = 1\text{m}$

5.2. Wpływ odwadniania na środowisko wodne w rejonie odkrywki

Rezultaty otrzymane w wyniku badań modelowych wskazują, że dopływ wód podziemnych do systemu odwadniania odkrywki „Piaski” wyniesie od około $50\text{ m}^3/\text{min}$ w początkowym etapie odwadniania do maksymalnie około $100\text{ m}^3/\text{min}$ w okresie późniejszym.

Pod wpływem odwadniania wzrośnie infiltracja efektywna, która w obszarze modelu osiągnie $214.6 \text{ m}^3/\text{min}$. Odpływ podziemny zwiększy się do 2.31 l/s/km^2 . Zasilanie I poziomu wyniesie około 13.2% opadów atmosferycznych. Zasilanie poziomu II zwiększy się do $131 \text{ m}^3/\text{min}$ i stanowić będzie około 8% wielkości opadów atmosferycznych. Przepływ wód w Czarnej Strudze może obniżyć się o $0.2 \text{ m}^3/\text{s}$, a dopływ podziemny z bezpośredniej zlewni do rzeki Warty może obniżyć się o około $1.9 \text{ m}^3/\text{min}$. Wpływ na te rzeki będzie miał miejsce przez cały okres pracy systemu odwadniania odkrywki. Jednocześnie rzeki te zasilane będą systemem odwodnienia powierzchniowego, wodami podziemnymi pompowanymi przez studnie odwadniające. Zapobiegnie to obniżeniu przepływu wód w tych rzekach.

Rozwój leja depresyjnego będzie następował we wszystkich kierunkach, obejmując swym zasięgiem rzekę Czarną Strugę i pobliskie bezimienne ciekł. Jego postęp będzie zgodny z robotami górnictwymi. Praca systemu odwodnienia wywoła w poziomie II lej depresyjny o zasięgu do 6 km (rys. 3). Zasięg leja depresyjnego w poziomie I, będzie o około 1–2 km mniejszy. Na północ od odkrywki, ze względu na brak izolacji pomiędzy poziomami wodonośnymi, zasięg leja będzie wspólny dla obu poziomów i wyniesie do 4.0 km obejmując swym zasięgiem dolinę Warty.

Na podstawie obserwacji prowadzonych w rejonie istniejących odkrywek KWB Konin należy przyjąć, że wpływ leja depresji w studniach gospodarskich wystąpi głównie w bezpośrednim sąsiedztwie odkrywki, tj. w odległości do 1.5–2.0 km. Studnie te ujmują głównie wody zaskórne występujące w piaskach o niewielkiej miąższości (najczęściej do kilku metrów) podścielonych warstwą kilkudziesięciometrową warstwą glin. Piaski te nie tworzą z reguły ciągłego poziomu wodonośnego, są mało zasobne i zasilane głównie opadami atmosferycznymi lub wodami roztopowymi.

6. Podsumowanie

Przeprowadzone na matematycznym modelu przepływu wód podziemnych rejonu złoża Piaski obliczenia wykazały, że zasilanie wód podziemnych dopływających do systemu odwadniania pochodzić będzie w przeważającej części z infiltracji efektywnej, oraz częściowo z przepływającej w pobliżu złoża rzeki Czarnej Strugi. Oddziaływanie kopalni może spowodować zmniejszenie przepływu wód w Czarnej Strudze oraz zmniejszenie dopływu podziemnego do rzeki Warty. Wpływ ten jednak będzie „okresowy”.

Likwidacja zakładu górnictwowy będzie polegała na częściowym wypełnieniu wyrobiska poeksploatacyjnego nadkładem w formie zwałowiska wewnętrznego. Natomiast w czterech rejonach odkrywki, wyrobiska pozostaną niezazwałowane. Po ich spłyceciu i wyprofilowaniu zboczy będą stanowić zbiorniki poeksploatacyjne, o łącznej powierzchni na poziomie terenu 630 ha.

Po wyłączeniu systemów odwadniających wyrobiska te będą wypełniały się wodami podziemnymi, wodami z cieków powierzchniowych oraz wodami opadowymi spływającymi ze zlewni własnej. Podczas ich wypełniania wodą następować będzie odbudowa zwierciadła wód podziemnych do stanu bliskiego warunkom naturalnym.

Czas wypełniania zbiorników wodą zależeć będzie od ich kubatury, oraz możliwości dostarczenia dodatkowych ilości wody z pobliskich cieków i rzek.

Literatura

- McDonald M.G., Harbaugh A.W., 1984, *A modular three-dimensional finite difference ground-water flow model*, USGS Open File Report 83-875
- Dąbrowski i in.. *Badania modelowe podsystemu wodonośnego międzyrzecza Proсны – Warty dla potrzeb określenia zasobów wód podziemnych*, 1995, Hydroconsult Sp. z o.o., Poznań, (nie publ.)
- Dziedziak J., *Dokumentacja geologiczna złoża węgla brunatnego Piaski w kat. C₁ + B,C₂*, 1996, PG PROXIMA S.A., Wrocław, (nie publ.)
- Kleczkowski A.S., (Ed), *Mapa obszarów Głównych Zbiorników Wód Podziemnych (GZWP) w Polsce wymagających szczególnej ochrony*, 1990, Publ. CPBP 04.10, IHiGI AGH, Kraków,
- Nowak I., Zborowski K., Zborowska T., *Dokumentacja hydrogeologiczna zasobów zwykłych wód podziemnych z utworów czwartorzędowych, trzeciorzędowo-kredowych i jurajskich systemu wodonośnego międzyrzecza Proсны – Warty*, 1996, PG PROXIMA S.A., Wrocław, (nie publ.)
- Strempski A., Bajcar A., *Analiza Techniczno-Ekonomiczna eksploatacji złoża węgla brunatnego Piaski*, 2006, POLTEGOR-projekt sp. z o o., Wrocław, (nie publ.)