

Prof. dr hab. Jan Przybyłek

Instytut Geologii UAM

ul. Bogumiła Krygowskiego 12

61-680 Poznań

Poznań, dnia 12.08.2022r.

Recenzja rozprawy doktorskiej mgr inż. Katarzyny Białeckiej

pt. „Studium oddziaływania odwodnienia kopalń odkrywkowych na warunki hydrogeologiczne i zaopatrzenie w wodę w centralnej części synklinorium kielecko-łagowskiego”

przygotowanej pod opieką naukową

dr hab. inż. Arkadiusza Krawca z Uniwersytetu Mikołaja Kopernika w Toruniu

Recenzja ww. rozprawy doktorskiej została wykonana dla Rady Naukowej Państwowego Instytutu Geologicznego – Państwowego Instytutu Badawczego w Warszawie na podstawie umowy o dzieło zawartej w dniu 22 czerwca 2022r.

Obszar, cel i podstawowy zakres badań

Teren badań hydrogeologicznych jest położony w powiecie kieleckim (gminy Górzno, Daleszyce, Bieliny i Łagów) i opatowskim (gminy Baćkowice i Iwaniska). Obejmuje części zlewni trzech rzek drugiego rzędu: Nidy (rzeka Belnianka), Czarnej Staszowskiej (rzeki Łagiewnica i Wszachówka) i Koprzywianki. W podziale fizjograficznym jest to wschodnia część Padołu Kielecko-Łagowskiego z ograniczeniem od północy Łysogórami (594,3m n.p.m.) i bliżej Wałem Małacentowskim (444-447m n.p.m.) oraz Pasmem Jeleniowskim (553,7m n.p.m.), a od południa zalesionym Pasmem Orłowińskim (451,8m n.p.m.) i Pasmem Iwaniskim (328m n.p.m.). Geologicznie obszar badań stanowi środkową część synklinorium kielecko-łagowskiego w trzonie paleozoicznym Gór Świętokrzyskich. Na odcinku prowadzonych badań synklinorium jest wąską strukturą depresyjną o kierunku NWW-SSE, szerokości 4-6km i długości 23-30km, licząc od rzeki Belnianki do rzeki Koprzywianki, wypełnioną utworami dewonu środkowego (wapienie i dolomity), dewonu górnego (margle ilaste, łupki margliste) i karbonu dolnego (piaskowce i łupki) z obecnością licznych uskoków poprzecznych i podłużnych. Od powierzchni terenu nieciągłą pokrywę paleozoiku stanowią osady czwartorzędowe (piaski, lessy i gliny). Podstawowymi użytkowymi poziomami wodonośnymi są poziomy: środkowo i górnodewoński piętra dewońskiego z wodami zdatnymi do picia bez uzdatniania lub po uzdatnianiu prostym. Pozostałe piętra wodonośne mają znaczenie podrzędne. Recenzowana rozprawa stanowi wszechstronne studium hydrogeologiczne w zakresie narastającego konfliktu pomiędzy zbiorowym zaopatrzeniem w wodę miasta Łagów i innych miejscowości a planami intensyfikacji przestrzennego i głębokościowego rozwoju górnictwa skalnego w postaci istniejących (12 złóż) i planowanych do eksploatacji (9 złóż) wielkoskalowych odkrywek, głównie skoncentrowanych w okolicach miasta Łagów w granicach zlewni hydrograficznej rzeki Łagiewnicy i rzeki Wszachówki. Wzrastające zapotrzebowanie na kruszywo ze złóż wapieni i dolomitów dewońskich powoduje, że planuje się zejście na istniejących i projektowanych odkrywkach z poziomami eksploatacji surowca skalnego poniżej zwierciadła wód podziemnych co będzie skutkowało powstaniem wspólnego rejonowego wielkopromiennego leja depresji, który obejmie swoim zasięgiem czynne ujęcia wód podziemnych. Według obecnych rygorów w studium uwarunkowań gminy Łagów obowiązuje zakaz eksploatacji surowców skalnych poniżej zwierciadła wody. Podstawowym celem recenzowanej rozprawy było szczegółowe rozpoznanie warunków krążenia wód w centralnej części synklinorium kielecko-łagowskiego oraz przedstawienie na modelu matematycznym zmian pola hydrodynamicznego jakie mogą się ukształtować w wyniku odwodnienia wyrobisk górniczych,

głębinowych poniżej aktualnie występującego zwierciadła wód podziemnych. To postępowanie badawcze miało w efekcie doprowadzić do uzyskania naukowej odpowiedzi w zakresie ustalenia: **1)** wpływu odwodnienia złóż wapieni i dolomitów na zasoby dyspozycyjne rejonu i zasoby eksploatacyjne istniejących ujęć wód podziemnych, **2)** wpływu odwodnienia wyrobisk górniczych na wody powierzchniowe i ekosystemy zależne od wód podziemnych, **3)** racjonalnego planu wydobycia kopalin poniżej aktualnego zwierciadła wód podziemnych przy optymalizacji odwodnienia w istniejących warunkach hydrogeologicznych i stanie zagospodarowania zasobów wód podziemnych. Podstawą do obliczenia wielowariantowych prognoz odwodnienia wyrobisk górniczych przy równoczesnej symulacji poboru wód podziemnych z ich ujęć również w podejściu wariantowym (w tym m.in. według pozwoleń wodnoprawnych jest model matematyczny skonstruowany w programie numerycznym Visual Modflow 4.6.0.162, wersja 2011.1, który bazuje na metodzie różnic skończonych. Powierzchnia objęta modelem wyniosła 113,8km². W stosunku do przyjętych granic modelu matematycznego układ obszaru zasilania był powiększony o tereny „otuliny spływu podpowierzchniowego” do zbiornika dewońskiego, określone zewnętrznymi granicami zlewni hydrograficznych na terenach występowania słabo przepuszczalnych i nieprzepuszczalnych utworów starszego paleozoiku. W efekcie cały obszar, obejmujący modelowany zbiornik środkowo- i górnodewoński w rejonie Łągowa wraz z przyległym obszarem jego zewnętrznego zasilania ze spływów podpowierzchniowych, ma powierzchnię 163km² (str.57 rozprawy).

Struktura i zawartość rozprawy

Rozprawa składa się 13 rozdziałów, z których niektóre podzielone są na podrozdziały w układzie dziesiętnym. Zawiera łącznie 118 stron druku obejmującego: spis treści, tekst, 35 rysunków, 25 tabel, 10 fotografii oraz 17 stron spisu literatury i wykorzystanych materiałów archiwalnych. W pierwszym rozdziale przedstawiono zarys podjętego w studium problemu kolizji zaopatrzenia rejonu w wodę miasta i gminy Łągów z planami eksploatacji złóż wapieni i dolomitów związanej z obniżeniem zwierciadła wód podziemnym w pogłębianych odkrywkach surowców skalnych, omówiono cel i zakres pracy doktorskiej i przedstawiono zastosowaną metodykę badań. W kolejnym rozdziale opisano obszar badań z charakterystyką jego położenia geograficznego i geomorfologii, warunków klimatycznych i hydrograficznych, zagospodarowania terenu. Rozdział trzeci został poświęcony budowie geologicznej przedmiotowej części Gór Świętokrzyskich ze szczegółowym naświetleniem pozycji stratygraficznej i tektonicznej synklinorium kielecko- łagowskiego. Rozdział 4 zawiera przedstawienie warunków hydrogeologicznych najpierw w odniesieniu regionalnym, a następnie rejonowym poprzez charakterystykę pięter i poziomów wodonośnych, ich opis parametryczny w aspekcie struktur hydrogeologicznych, wydajności eksploatacyjnych studni wierconych w poziomach dewońskich, parametrów systemu porowo- szczelinowego – krasowego w zakresie analizy krążenia wód podziemnych w tym systemie. M.in. są to własne prace badawcze Autorki nad parametrami przestrzeni porowej skał środkowodewońskich na siedmiu próbach ze złóż skalnych zleconych do wykonania w laboratorium porozymetrycznemu AGH w Krakowie a także w zakresie składu fizyczno-chemicznego ośmiu próbek wody podziemnej pobranych z różnych obiektów ich eksploatacji i wykonanych w Centralnym Laboratorium Chemicznym PIB-PIB w Warszawie. W ramach prac terenowych Autorka przeprowadziła na obszarze około 114km² rozpoznawcze kartowanie hydrogeologiczne i sozologiczne, co wraz wynikami podanych powyżej badań laboratoryjnych znalazło swój wyraz w treści omawianego rozdziału. W kolejnym rozdziale 5 omówiono problematykę zaopatrzenia w wodę na terenie gmin Łągów, Bieliny, Baćkowice, przedstawiając poszczególnych użytkowników ujęć wód podziemnych oraz ich charakterystykę eksploatacyjną i wodnoprawną. Ogółem z rejestru na mapie ujęć (rys.15) wynika,

że spośród 31 zarejestrowanych tylko 8 jest trwale eksploatowanych i posiada udzielone pozwolenia wodnoprawne w wielkości sumarycznej $4521 \text{ m}^3/\text{d}$ co odpowiada $188,4 \text{ m}^3/\text{h}$., przy zasobach eksploatacyjnych $301 \text{ m}^3/\text{h}$ i średnim sumarycznym poborze w 2019r. w wysokości $89,3 \text{ m}^3/\text{h}$. W rozdziale 6 dokonano prezentacji złóż surowców skalnych w obszarze badań. Ogółem kartograficznie i opisowo przedstawiono 21 złóż, w tym 12 z nich to złoża eksploatowane z przypisanymi kartograficznie numerami od 1 do 12 oraz 9 złóż nieeksploatowanych z numeracją od I do IX (rys.15 i inne). Zdecydowana większość złóż w eksploatacji (wyróbiska od 1 do 10) jest skoncentrowana w dolnej części zlewni Łagowicy i Wszachówki w środkowej części obszaru badań, pomiędzy miastem Łagów a wsią Wszachów i nosi nazwy od nazw miejscowości: Łagów - numery od 1 do 5, Nowy Staw –nr 6, Winna – nr 7, Komorniki – nr 8, Wszachów nr 9 i nr 10. Tylko dwa eksploatowane złoża (nr 11 – Janczyce, nr 12 - Piskrzyn) znajdują się w zlewni rzeki Koprzywianki przy wschodniej granicy badań. Dotychczas eksploatacja surowca skalnego odbywała się z poziomów wydobywczych położonych ponad zwierciadłem wód podziemnych, za wyjątkiem dwóch złóż, które są obecnie odwadniane: złoża Wszachów I z poborem wody w ilości ok. $172 \text{ m}^3/\text{h}$ oraz złoża Piskrzyn z poborem ok. $150 \text{ m}^3/\text{h}$, to ostatnie tuż za wschodnią granicą obszaru badań. W związku z dużym popytem na surowce skalne właściciele kopalń na terenie gminy Łagów starają się o zgodę u władz Gminy na wydobywanie wapieni i dolomitów także z zawodnionych poziomów eksploatacyjnych, przedstawiając dokumentację hydrogeologiczną z obliczeniami prognoz odwodnieniowych indywidualnie dla poszczególnych złóż (analityczna metoda- wzór na wielką studnię) bez uwzględnienia oddziaływania odwodnienia sąsiednich kopalń i ujęć wód podziemnych. W tych warunkach zrodził się temat badawczy recenzowanej rozprawy doktorskiej, aby wykorzystując możliwości modelowania matematycznego w badaniach hydrogeologicznych doprowadzić do kompleksowego rozwiązania problematyki bilansu wodnego i wzajemnych interakcji planowanego odwadniania wyrobisk górniczych i eksploatowanych ujęć wód podziemnych. Badania przeprowadzono w granicach wydzielonego systemu wodonośnego na drodze modelowej identyfikacji hydrodynamicznej stanu aktualnego i wariantowych prognoz na już wytarowanym modelu. Kolejne rozdziały siedem i osiem rozprawy doktorskiej dotyczą więc zagadnień autorskich ściśle związanych z ustawieniem i realizacją badań modelowych na wypracowanym i przyjętym do identyfikacji i prognoz systemie hydrogeologicznym dewońskiego zbiornika wód podziemnych. W rozdziale siódmym przedstawiony został model koncepcyjny wydzielonego systemu krążenia wód podziemnych w wapieniach i dolomitach dewonu środkowego i górnego z przyjęciem jego ciągłości strukturalnej (układ porowo-szczelinowo-krasowy) z wydzieleniem umownych trzech stref głębokościowych różniących się wielkością współczynnika filtracji malejącego wraz z głębokością, lecz pozostających ze sobą w bezpośrednim kontakcie hydraulicznym oraz z przypisaniem tych stref trzem warstwom modelu matematycznego. Odnośnie granic zewnętrznych przyjęto ich ukształtowanie hydrauliczne przez rzeki spływające ze stoków Gór Świętokrzyskich w odniesieniu do granicy zachodniej – rzeka Belniana, a do wschodniej – rzeka Pokrzywianka oraz ukształtowanie strukturalne na granicy północnej jak i na granicy południowej wzdłuż biegu kontaktu z otoczeniem zbudowanym ze skał niewodonośnych starszego paleozoiku. W odniesieniu do zewnętrznej i wewnętrznej sieci rzecznej przyjęto jej bezpośredni kontakt hydrauliczny z systemem wodonośnym zbiornika dewońskiego na wskazanych odcinkach (rys.25 na str.64). Szczegółowo rozpatrzono zagadnienie infiltracji efektywnej na powierzchni zbiornika i w całym obszarze jego zasilania z wykorzystaniem licznych opracowań archiwalnych i dociekań autorskich (tabela 11) oraz określono moduł zasilania wód podziemnych dla rejonu zbiornika dewońskiego z wykorzystaniem badań w tym zakresie w rejonach przyległych (tabela 12). Dla potrzeb modelu matematycznego wstępnie oszacowano wielkości współczynnika filtracji dla poziomów wodonośnych w rejonie zbiornika łagowskiego (tabela 13).

Nakreślono rzędne powierzchni rozdziału głębokościowego warstw modelu matematycznego z założeniem, że strefa aktywnego przepływu sięga do głębokości ok. 150m. W rozdziale 8.1 opisano budowę modelu matematycznego, wykonanego zgodnie z założeniami przedstawionymi w modelu konceptualnym. Model o powierzchni 113,8km² podzielono kwadratową siatką dyskretyzacyjną na podstawowe bloki obliczeniowe o wymiarach 250x250m, zagęszczając siatkę do szczegółowości 50x50m w rejonie Łągowa gdzie znajduje się większość wyrobisk górniczych i studni. Model sporządzono dla warunków ustalonych na stan hydrogeologiczny udokumentowany zdjęciem terenowym w listopadzie 2019r. Panujący wejściowy układ hydrodynamiczny kształtował się w przedziale rzędnych zwierciadła wody podziemnej od nieco ponad 320m n.p.m. na wododziale pomiędzy Nidzianką i Łagowicą na W od miasta Łągów do 265m n.p.m. w strefach zewnętrznego drenażu rzeczno. Podział na trzy warstwy modelowe określono wprowadzając umowne płaszczyzny rozdziału kompleksu wodonośnego odpowiednio na rzędnych: 215m n.p.m. - dla spągu z utworami czwartorzędowymi i płytszymi utworami paleozoicznymi, 165m n.p.m. jako spągu kolejnej warstwy modelowej, obejmującej wyłącznie utwory wodonośne dewonu o miąższości 50m, 135m n.p.m. jako spągu dla 30 metrowego systemu obniżonej aktywności hydraulicznej, o niskich parametrach filtracji ($1 \times 10^{-6} - 1 \times 10^{-9}$ m/s), wygaszanej na głębokości ok. 150 m p.p.t. Nieco odmiennie wyznaczono płaszczyzny podziału w obrębie wewnętrznej antykliny baćkowskiej odpowiednio na rzędnych: 270, 200 i 135m n.p.m. (rys.26 na str.64). Na modelu wprowadzono następujące warunki brzegowe zewnętrzne i wewnętrzne: **warunek I rodzaju $H=constans$** na rzędnych spągu odwadnianych wyrobisk górniczych, **warunek II rodzaju $Q=constans$** w pierwszej warstwie dla symulacji infiltracji efektywnej opadów (Recharge) i poboru z ujęć wód podziemnych (Pumping Wells) oraz dla symulacji dopływu lateralnego do bloków obliczeniowych, położonych na granicach strukturalnych modelu z wielkością wydatku wynikającą ze zliczenia dopływu podpowierzchniowego z nadległej części zewnętrznego obszaru zasilania (model 113,8km², całkowity obszar zasilania 163km²); **warunek III rodzaju** został zastosowany w pierwszej warstwie modelowej na rzekach granicznych modelu, a więc Belnianki i Koprzywianki, a także wewnątrz modelu na rzekach: Nidzianka, Łagowica, Wszachówka oraz na bezimiennym cieku – prawobrzeżnym dopływem Koprzywianki (rys.25 na str.64). Kalibracja zbudowanego modelu matematycznego została przeprowadzona na stan listopad 2019r. w oparciu o identyfikację pomierzonego w terenie zwierciadła wody podziemnej. Dopasowanie kalibracyjne oparto na porównaniu zwierciadła wody w 28 otworach hydrogeologicznych (rys.27 na str.66) przy symulacji infiltracji efektywnej opadów w wysokości 1318m³/h, poborze wody z ujęć 89,3m³/h oraz z odwodnienia kopalni Wszachów I w ilości 172m³/h. Model wytarowano w oparciu o niewielkie korekty współczynnika filtracji i przewodności osadów w dnio koryt rzecznych z wykorzystaniem porównań w stosunku do kształtu pola hydrodynamicznego przyjętego w modelu koncepcyjnym. Po wytarowaniu modelu do aktualnego stanu hydrodynamicznego obliczono na nim stan nazwany „stanem pseudonaturalnym” po wyłączeniu odwadniania górniczego i poboru wody z ujęć wód podziemnych (mapa stanu – rys.28 na str.68, bilans wodny tab.14 na str.69). Warianty obliczeniowe odwodnienia wyrobisk górniczych przedstawiono w rozdziale 8.2 (str.75), przyjmując kolejno następujące założenia: **wariant I**: pobór wody z ujęć według danych z 2019r. $Q = 89,3\text{m}^3/\text{h}$ przy warunkach H constant odwadniania odkrywek w odniesieniu do ich pierwszych zawodnionych poziomów eksploatacyjnych; **wariant II**: pobór z ujęć w wielkości wydanych pozwoleń wodnoprawnych $Q=188,4\text{m}^3/\text{h}$ przy warunkach odwadniania odkrywek jak w wariantcie I; **wariant III**: pobór z ujęć w wielkości wydanych pozwoleń wodnoprawnych $Q=188,4\text{m}^3/\text{h}$ przy warunkach H constant odwadniania odkrywek w odniesieniu do ich najniższych zawodnionych poziomów eksploatacyjnych.

Uzyskane wyniki obliczeń zostały przedstawione w postaci map hydroizohips w cięciu co 5m oraz przedziałowych wartości depresji zwierciadła wody w odniesieniu do stanu uznanego jak stan pseudonaturalny. Przyjęto następujące przedziały wielkości depresji w postaci barwnych pól ich oznaczenia na mapie hydroizohips: 1-2m, 2-5m, 5-10m, 10-20m, 20-30m, 30-40m, 40-50m, oraz powyżej 50m. Dla każdego z wariantów zestawiono tabele wynikowe w postaci określenia poziomu drenażu górniczego w m n.p.m. oraz uzyskanej wartości dopływu wody podziemnej do danego wyrobiska górniczego, a także tekstowe omówienie przyjętych założeń i uzyskanych wyników. W wariantcie III suma dopływów do wyrobisk górniczych wyniosła ogółem 1132,9m³/h, w tym dla w granicach gminy Łagów, gdzie znajdują się główne ujęcia wody dla zbiorowego zaopatrzenia, dopływ określono na 1012,9m³/h. Dominującą rolę w odwadnianiu górotworu miałyby wyrobiska: Łagów II do rzędnej 250m n.p.m., Nowy Staw do 245m n.p.m., Wszachów do 220m n.p.m. (tabela 24 na str.86). W podawanych ogólnych bilansach wodnych dla poszczególnych wariantów niezmienna jest wielkość infiltracji efektywnej opadów 1310m³/h (tabela 23 na str.85), natomiast podstawowe dopływy są kształtowane poprzez infiltrację wód powierzchniowych, do maksymalnej wysokości 636m³/h w wariantcie III. W rozdziale 9 i rozdziale 10 nakreślono zagrożenia dla zasobów dyspozycyjnych zbiornika dewońskiego oraz szczególnie istotne dla ujęć wód podziemnych. Wykazano, że dla 14 studni tych ujęć wielokrotnie zwiększy się ich depresja eksploatacyjna (rys.35 na str.88) w stosunku do pierwotnego zwierciadła wody podziemnej. Zdecydowanie pogorszą się zdolności eksploatacyjne czynnych ujęć zbiorowego zaopatrzenia w wodę w gminie Łagów i oczywiście koszt poboru wody, a także zaistnieje konieczność modernizacji studni. W rozdziale 11 przedstawiono dyskusję nad uzyskanymi w badaniach parametrami hydrogeologicznymi, wynikami przeprowadzonych prognoz hydrodynamicznych na modelu matematycznym, wielkościami składników sporządzonych ogólnych bilansów wodnych według tych prognoz. Szczególnie rażące jest marnotrawstwo cennych zasobów wód podziemnych zmagazynowanych w górotworze środkowo i górnodewońskim przy jednoczesnym wprowadzeniu w obieg podziemny dużych ilości infiltrujących wód powierzchniowych z lokalnych rzek objętych rejonowym, głębokim lejem depresji. W rozdziale 12, zamykającym rozprawę doktorską zawarte zostało podsumowanie i sformułowane zostały wynikające z niej wnioski. Podkreślono ponownie, że głębokie odwodnienie wyrobisk w centralnej części odkrywkowego zagłębia górnictwa skalnego pogorszy warunki hydrogeologiczne i techniczną dostępność do zasobów wód podziemnych w centrum udokumentowanego zbiornika środkowo i górnodewońskiego. Wskazano na niewątpliwą przydatność przedstawionych w rozprawie doktorskiej badań naukowych do działań praktycznych i administracyjnych w odniesieniu do władz gminy Łagów i jej mieszkańców.

Ogólna ocena rozprawy

Na wstępie pragnę z mocą podkreślić, że obszary geologiczne o budowie fałdowej, silnie zaangażowane w kilkunastomilionową tektonikę uskoku, stanowią bardzo trudne obiekty do badań modelowych przepływu wód podziemnych i wymagają dużej wiedzy geologicznej na etapie konstrukcji hydrogeologicznego modelu koncepcyjnego, a następnie przygotowania modelu matematycznego i prowadzonych na nim identyfikacji i rozwiązań prognostycznych, wiedzy którą według mojej oceny Autorka rozprawy doktorskiej w pełni się wykazała. Jednocześnie tytuł rozprawy w sposób jednoznaczny definiuje podjęty i zrealizowany jej cel w brzmieniu: „Studium oddziaływania odwodnienia kopalń odkrywkowych na warunki hydrogeologiczne i zaopatrzenie w wodę w centralnej części synklinorium kielecko-łagowskiego”. W opisaną powyżej strukturę i zawartość rozprawy doktorskiej wykazałem konsekwencję Autorki we właściwym ustawieniu celów badań i kolejnych kroków ich realizacji. Na podkreślenie zasługuje pełne wykorzystanie przez Autorkę dużego zestawu

cytowanej literatury w zakresie metodyki podjętych badań i publikacji geologicznych, hydrogeologicznych w tematyce rozprawy, a także opublikowanych opracowań kartograficznych i bardzo licznych dokumentacji złożowych i hydrogeologicznych z terenu badań i jego sąsiedztwa (wykaz na stronach 98-114). W znakomity sposób ilustrują tekst rozprawy starannie dobrane i opracowane rysunki z konsekwentną ich czytelnością, fotografie odkrywek, liczne tabele. Autorka, wykonując terenowe kartowanie hydrogeologiczne i sozologiczne, miała dobre przesłanki do identyfikacji problemów wynikających z nałożenia się problematyki moim zdaniem nadmiernej koncentracji wyrobisk górniczych w okolicy miasta Łagów i kolizyjności ich odwadniania z ujęciami jako obiektami zbiorowego zaopatrzenia w wodę ludności i gospodarki w dobrej jakości wody podziemne. Obraz tej koncentracji można naocznie prześledzić na fotografiach portalu Google.

Treść rozprawy doktorskiej można podzielić umownie na dwie części - **część pierwsza** obejmuje po wstępie, w którym nakreślono cel, zakres i metodykę badań, kolejne rozdziały od 2 do 6 z klasycznie monograficznym opisem obiektu badań oraz jego pozycjonowaniem na tle warunków regionalnych z dodaniem aspektów badań własnych w zakresie kartowania hydrogeologicznego (ujęcia wody) i sozologicznego (odkrywki skalne) oraz wynikami badań laboratoryjnych własnoręcznie pobranych próbek skalnych i próbek wód podziemnych, pomocnych w przybliżeniu cech środowiska skalnego i chemizmu wód podziemnych. Ponadto Autorka na tym etapie postępowania badawczego przedstawiła:

- charakterystykę hydrograficzną i hydrologiczną rzek rejonu badań jako elementów warunków granicznych na modelu matematycznym,
- analizę wykresów długoterminowych obserwacji stacjonarnych (rozdz.4.3) dla określenia zakresu zmienności stanów wód podziemnych koniecznego do wyrokowania o zmianach środowiskowych na etapie wykonywania badań na modelu matematycznym.

Treści zawarte w rozdziałach od 2 do 6 stanowią dobrze opracowany materiał z danymi wejściowymi do badań modelowych opisanych w **części drugiej rozprawy** obejmującej rozdziały od 7 do 10 ze wszystkimi składnikami przeprowadzonych działań w zakresie modelowania matematycznego.

Autorka, przystępując do badań modelowych, wykazała się dużą znajomością metodyki badań na modelach numerycznych, wskazując na liczne pozycje literatury metodycznej z której korzystała w trakcie przygotowywania i prowadzenia rozwiązań. Uznaję za poprawny przedstawiony w rozdz.7, model koncepcyjny krążenia wód podziemnych i przyjęte w nim założenia schematyzacji hydrogeologicznej obszaru zbiornika dewońskiego w dobrze uzasadnionych granicach (113,8km²) j wraz z obszarem jego lateralnego zasilania, ogółem 163km², a także zastosowany podział aktywnego kompleksu wodonośnego na trzy warstwy modelowe. Równie staranne i wnikliwe podejście badawcze przyjęła Autorka w odniesieniu do metodyki oszacowania wskaźnika infiltracji efektywnej opadów atmosferycznych. Nie budzi moich zastrzeżeń zakres wykonanych rozwiązań w postaci: metodyki wytarowania modelu stanu aktualnego (dane z kartowania na rok 2019), modelu stanu pseudonaturalnego uzyskanego po wyłączeniu wszystkich obiektów poboru wody podziemnej, a także trzech kolejnych symulacji progностycznych (warianty I do III) z intensyfikacją odwadniania odkrywek skalnych wraz z ich pogłębianiem przy jednoczesnej symulacji poboru wody z ujęć w wielkościach aktualnych (wariant I) i w wielkości udzielonych pozwoleń wodnoprawnych (warianty II oraz III). Doceniam poprawność i czytelność prezentacji kartograficznej przedstawionych kolejno map hydrogeologicznych z rozwiązań numerycznych (zał. 29, 30, 32, 32) co bliżej przedstawiłem powyżej przy omawianiu struktury i zawartości rozprawy. Potwierdzam jako uzasadnione konkluzje wynikające z prognoz modelowych odnośnie zagrożeń dla ujęć wód podziemnych i całości gospodarki wodnej miasta i gminy Łagów wynikających z zamierzonej intensyfikacji odwodniania górotworu dewońskiego,

przedstawione w rozdziałach 9, 11, 12. Natomiast mam krytyczne uwagi odnośnie zbyt ogólnej formy prezentacji tabelarycznej składników bilansu wodnego modeli poszczególnych rozwiązań, które przedstawiam w dalszej części recenzji.

Uwagi krytyczne i potrzeba dodatkowych wyjaśnień

1] Dla każdego z rozwiązań wykonanych na modelu matematycznym zostały w rozprawie przedstawione tabele bilansów wodnych. Tabele te zostały zamieszczone w następującej kolejności: dla modelu stanu aktualnego i stanu pseudonaturalnego na str. 69- tabela 14, dla wariantu I na str. 73 – tabela 16, dla wariantu II na str.76 – tabela 18, dla wariantu III na str.80 – tabela 21 oraz porównawcze zestawienie zbiorcze dla wszystkich rozwiązań na str.85 – tabela 23. W tych tabelach zostały określone liczbowo następujące elementy bilansu: infiltracja opadów atmosferycznych i infiltracja z rzek po stronie zasilania oraz odpływ do rzek, dopływ do wyrobisk górniczych i pobór wody z ujęć wód podziemnych po stronie drenażu. Te dwa ostatnie elementy bilansu (dopływy do wyrobisk, pobory z ujęć) zostały w rozprawie obiektowo określone poprzez podanie w tabelach pomocniczych konkretnych danych odnoszących się do tych obiektów. Natomiast bilanse rzek i bilans opadów atmosferycznych nie zostały obiektowo wyodrębnione. W tym rozumieniu sumaryczna wielkość podanej infiltracji opadów (warunek II rodzaju na modelu Q_{const}) powinna być rozdzielona na trzy składowe: na infiltrację efektywną na obszar modelu oraz na podpowierzchniowe dopływy lateralne zliczane dla bloków poprowadzonych wzdłuż granic strukturalnych modelu oddzielnie po północnej i południowej jego stronie. Podobnie składowe bilansowe rzek (infiltracja, drenaż) powinny być rozdzielone zgodnie z przyjętym ich odwzorowaniem (warunek brzegowy III rodzaju) na modelu matematycznym, a więc w podziale na rzeki graniczne jak Bielnianka i Koprzywianka oraz na rzeki wewnętrzne jak Łagownica, Wszachówka i Nidzianka. Proponowany sposób uszczegółowienia elementów bilansu pozwoliłby na pogłębioną analizę ich strefowego rozkładu w leju depresji odwodnienia górniczego ze wskazaniem miejsc przekroczenia wielkości pionowego gradientu hydraulicznego w stosunku do aktywności infiltracyjnej odcinków rzek w rejonowym leju depresyjnym. Wskazane byłoby przedstawienie tych uszczegółowionych danych bilansowych przez Doktorantkę w trakcie obrony rozprawy doktorskiej.

2] W rozprawie zabrakło ponadto pełnego wykazu i charakterystyki parametrycznej 31 otworów hydrogeologicznych, przedstawionych na mapie ujęć wód podziemnych (rys.15). Większość z tych otworów została wykorzystana do konstrukcji modelu oraz posłużyła do jego identyfikacji hydrodynamicznej. Wyniki kalibracji dla 28 z tych otworów pokazano na ryc.27, porównując na wykresie stopień dopasowania zwierciadła obliczonego na modelu ze zwierciadłem pomierzonym w tych otworach w terenie w listopadzie 2019r. Właściwym byłoby więc zaprezentowanie tabelaryczne tych otworów z wynikami pomiarów oraz wykonanej identyfikacji modelowej.

3] Wyjaśnienia wymaga sprawa trzech źródeł o numeracji 1, 2 i 3 wykazanych na mapie (rys.15), które znalazły się w zasięgu rejonowego leja depresji. Czy były one uwzględnione na modelu matematycznym?

4] Na mapach hydrogeologicznych dla poszczególnych wariantów, oprócz pola hydrodynamicznego wyrażonego rozkładem hydroizohips w cięciu co 5 metrów zaznaczono przedziały wielkości depresji w postaci barwnych pól: 1-2m, 2-5m, 5-10m, 10-20m, 20-30m, 30-40m, 40-50m, oraz powyżej 50m. Z treści map wynikają bardzo znaczne rozmiary rejonowego leja depresji, głównie z odwodnienia górniczego, który sięga granic strukturalnych zbiornika wodonośnego i przejawia znaczną rozciągłość wzdłuż jego przebiegu. Byłoby wskazane aby podać powierzchnię leja depresji w zasięgu izolinii 2m

oraz w zasięgu izolinii 5m i porównać te wielkości w stosunku do powierzchni zbiornika wodonośnego wyznaczonego granicami modelu.

5] W obszarze modelu znajdują się trzy zlewnie hydrograficzne: lewobrzeżna rzeki Belnianki z dopływem Nidzianka, centralnie położone rzeki Łagowicy i Wszachówki, oraz prawobrzeżna zlewnia rzeki Koprzywianki. Powierzchnie tych zlewni powinny być obliczone i porównane oraz opisane wielkościami drenażu rzecznoego uzyskanego na modelu matematycznym.

6] Rzeki zadano na modelu warunkiem III rodzaju z wprowadzeniem parametru oporu filtracyjnego odnoszącego się do osadów dennych i przyjętego w blokach obliczeniowych symulujących ich koryta. W trakcie kalibracji modelu dokonywano korekt przewodności hydraulicznej dna koryt rzecznych (tekst, str.65). Należało podać wprowadzone wartości liczbowe tego parametru i zakres wykonanej korekty.

Podsumowanie recenzji i wniosek końcowy

Recenzowana rozprawa jest oryginalnym osiągnięciem Autorki świadczącym o jej ugruntowanej wiedzy w dyscyplinie nauki o Ziemi i środowisku oraz o dobrym opanowaniu warsztatu badawczego, w tym w szczególności metodyki modelowania matematycznego w hydrogeologii oraz o umiejętności samodzielnego planowania i prowadzenia badań. Wybór tematyki rozprawy uznaję za trafny a postawione cele za w pełni zrealizowane. Praca stanowi oryginalne oraz metodycznie przykładowe rozwiązanie problemu naukowego, które ma również bardzo ważne odniesienie planistyczne i gospodarcze możliwe do wykorzystania przez administrację samorządową. Z treści mojej recenzji wynika, że oceniana rozprawa spełnia wymagania stawiane dla rozpraw doktorskich w art. 187.1 i 187.2 ustawy z dnia 20 lipca 2018r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dziennik Ustaw 2018 poz.1668, tekst jednolity z 2022r.). W związku z powyższym wnioskuję o przyjęcie rozprawy doktorskiej przez Radę Naukową Państwowego Instytutu Geologicznego – Państwowego Instytutu Badawczego w Warszawie oraz dopuszczenie Pani mgr. inż. Katarzyny Białeckiej do jej publicznej obrony.

Prof. dr. hab. Jan Przybyłek
Instytut Geologii UAM