

Janusz Knez*, Dariusz Knez**

ROZPOZNANIE ZANIECZYSZCZENIA WÓD PODZIEMNYCH WĘGLOWODORAMI AROMATYCZNYMI W REJONIE STACJI PALIW PKN ORLEN KIELCE-BIAŁOGON

1. WSTĘP

W południowej części głównego zbiornika wód podziemnych GZWP 417 Kielce zbudowanego z utworów szczelinowo-krasowych [3] występuje ognisko zanieczyszczeń, dawny Zakład Gospodarki Produktami Naftowymi (d. ZGPN CPN). W obszarze tym wody podziemne zanieczyszczone są węglowodorami aromatycznymi. W bezpośrednim sąsiedztwie ogniska zanieczyszczeń znajdują się ujęcia wód podziemnych, zaopatrujące miasto Kielce w wodę.

W rejonie eksploatacji (RE) Kielce zbudowany został numeryczny model matematyczny przepływu i bilansu wód podziemnych. Model dynamiki wód podziemnych został wytarowany na podstawie badań znaczników środowiska [5].

Na modelu przepływu i bilansu odtworzono eksploatację ujęć wód podziemnych od początku lat 50. Na zweryfikowany model przepływu nałożono symulację migracji benzenu [4].

Do badań modelowych wykorzystano pakiety Visual MODFLOW ver. 3.11, MODPATH, MT3D i RT3D firmy Waterloo Hydrogeologic, Inc. Ontario Canada [2].

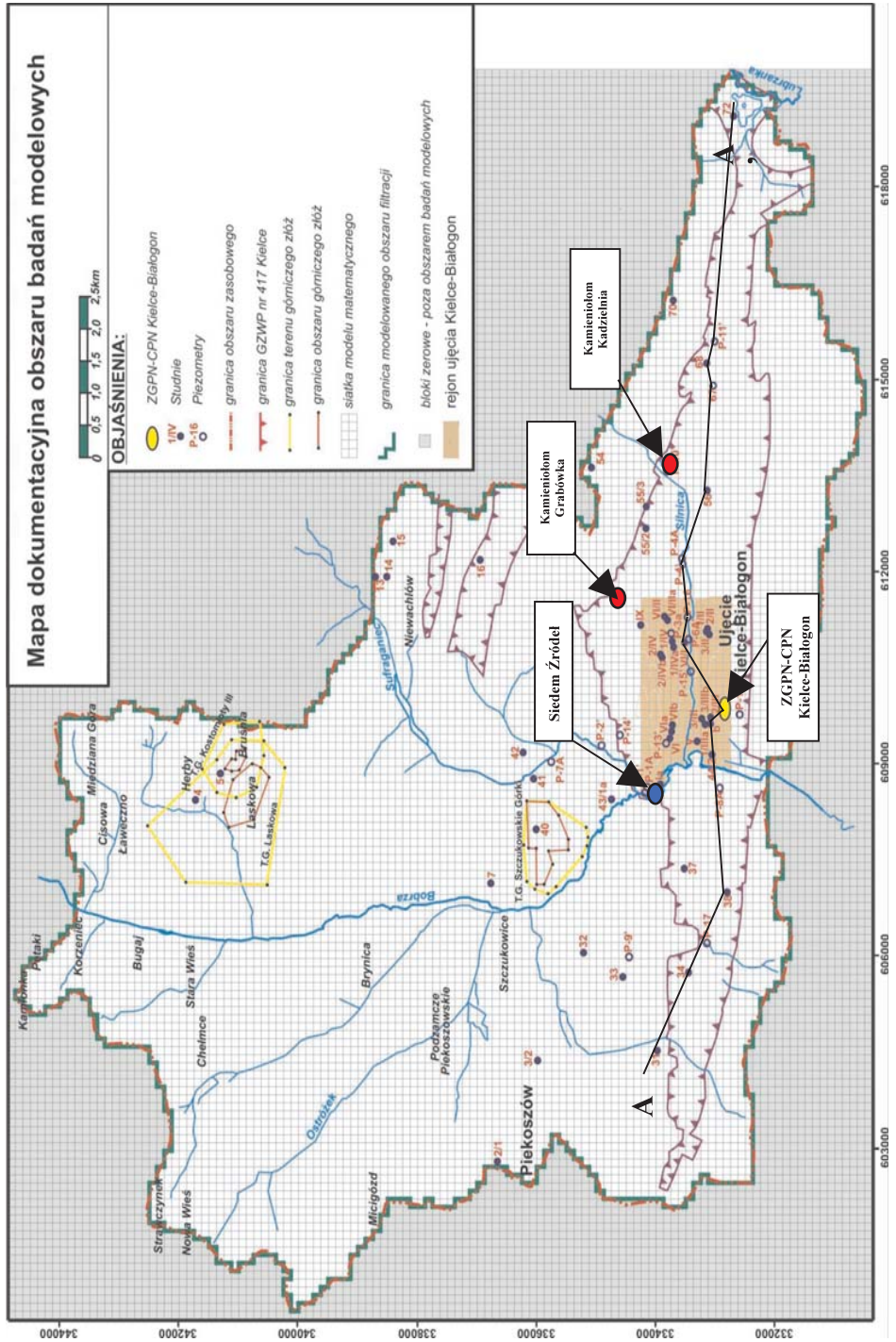
W celu zweryfikowania badań modelowych w bezpośrednim sąsiedztwie ogniska zanieczyszczeń (d. ZGPN CPN) odwiercono otwór rozpoznawczy P-A. Otwór ten posłużył do rozpoznania i monitorowania wód podziemnych oraz do kontroli procesów migracji węglowodorów aromatycznych w środkowodewońskim poziomie wodonośnym.

2. LOKALIZACJA

Teren (d. ZGPN CPN) znajduje się w obrębie GZWP 417 Kielce w południowo-zachodniej części miasta Kielce w dzielnicy Białogon. W bezpośrednim sąsiedztwie ogniska zanieczyszczeń znajdują się ujęcia wód podziemnych, zaopatrujące miasto w wodę.

* Wydział Budownictwa i Inżynierii Środowisk, Politechnika Świętokrzyska w Kielcach

** Wydział Wiertnictwa, Nafty i Gazu AGH, Kraków



Rys. 1. Mapa dokumentacyjna obszaru badań modelowych RE Kielce [7]

GZWP 417 Kielce pod względem administracyjnym znajduje się w województwie świętokrzyskim i obejmuje zachodnią część miasta Kielce oraz fragmenty gmin: Strawczyn, Miedziana Góra, Sitkówka-Nowiny, Masłów, Piekoszków, Chęciny, Daleszyce, Górno.

Lokalizacja terenu badań na tle obszaru badań modelowych została przedstawiona na rysunku 1.

3. BUDOWA GEOLOGICZNA

Według mapy geologicznej [1] zbiornik GZWP 417 budują utwory geologiczne od kambru do czwartorzędu. Budowa geologiczna i granice strukturalne zbiorników wodonośnych rozpoznane zostały na obszarze licznych wychodni skał starszego podłoża oraz dzięki znacznej ilości otworów geologicznych.

Kambr, ordowik, sylur – w południowej części zbiornika GZWP 417 znajdują się wychodnie najstarszych utworów kambru, ordowiku, syluru.

Dewon – utwory dewonu środkowego wykształcone są jako silnie spękanе i skrasowiawe wapienie żywetu. Strop utworów dewońskich stanowią silnie zwietrzałe, skrasowiawe i często zailone wapienie. Wśród wapieni wyróżnić można kilka odmian litologicznych: organogeniczne, koralowe, stromatoporowe, amfiporowe, margliste i dolomityczne. We wschodniej części zbiornika występują utwory dewonu górnego (famen) – wykształcone jako wapienie płytowe, zrostowe, laminowane z wkładkami łupków i chalcedonitów. Miąższość dewonu szacowana jest na 700 do 800 m. W rejonie (d. ZGPN CPN) Kielce-Białogon środkowodewońskie wapienie zalegają na głębokości do 20 m bezpośrednio pod czwartorzędem.

Trzeciorząd i czwartorzęd – występują na erozyjnej powierzchni utworów starszych. Utwory trzeciorzędowe pojawiają się lokalnie w formie płatów na wapieniach dewonu środkowego. Osady czwartorzędowe zalegają na pofałdowanej erozyjnej powierzchni utworów starszego podłoża prawie na całym obszarze GZWP. W ich skład wchodzi utwory plejstoceniowe, litologicznie wykształcone jako mułki, ły i piaski rzeczne częściowo wodnolodowcowe, peryglacjalne pochodzące z tarasów zalewowych z rzeki Bobrzy, Silnicy i Sufragańca. Na nich zalegają gliny zwałowe, piaski, żwiry zwałowe i fluwioglacjalne. Utwory te pochodzą w większości ze zlodowacenia południowopolskiego i środkowopolskiego [1]. Na utworach lodowcowych zalegają piaski, piaski ze żwirem, żwiry, mułki i torfy tarasów rzecznych z okresu zlodowacenia bałtyckiego i holocenu. Na wysoczyznach i stokach zalegają piaski eoliczne, lessy pochodzenia eolicznego oraz lokalnie zalegają gliniaste pokrywy deluwialne. Miąższość osadów czwartorzędowych jest zróżnicowana, największe miąższości ok. 70 m osiągają w głębokich dolinach rzeki Bobrzy i Sufragańca.

W rejonie (d. ZGPN CPN) Kielce-Białogon nawiercono utwory czwartorzędowe wykształcone głównie jako piaski drobne i średnie, podrzędnie przewarstwione piaskami pylastymi lub gruntami spoistymi, lokalnie występują niewielkiej miąższości pospółki lub żwiry. Utwory piaszczyste leżą na glinach lub bezpośrednio na wapieniach dewońskich.

Na przeważającej części terenu pod kompleksem gruntów piaszczystych stwierdzono występowanie warstw gruntów spoistych. Są to głównie gliny pylaste, rzadziej piaski gliniaste i pyły, które występują w południowo-zachodniej części terenu badań. Utwory spoiste zalegają na głębokości 4–10 m, pod piaskami. Są to plejstoceńskie gliny peryglacialne piaszczysto-ilaste z otoczkami i głazami, a miejscami są to utwory deluwialne.

4. PRZYPUSZCZALNE DROGI MIGRACJI BENZENU

W celu rozpoznania chmury benzenu przemieszczającej się w obszarze GZWP 417 od czwartorzędowego do dewońskiego piętra wodonośnego stworzony został koncepcyjny model migracji benzenu. Benzen wybrany został jako reprezentatywny składnik węglowodorów aromatycznych. Określone zostały przypuszczalne drogi migracji benzenu, zgodnie z kierunkami przemieszczania się wód podziemnych.

Zanieczyszczenie benzenem powstałe na terenie bazy paliw początkowo przemieszczało się przez strefę aeracji (piaski) aż dotarło do zwierciadła wody czwartorzędowej warstwy wodonośnej. W kolejnych latach następowało rozprzestrzenianie się wolnej fazy węglowodorów na zwierciadle wody, jednocześnie postępował proces rozpuszczania się węglowodorów w wodach podziemnych [6].

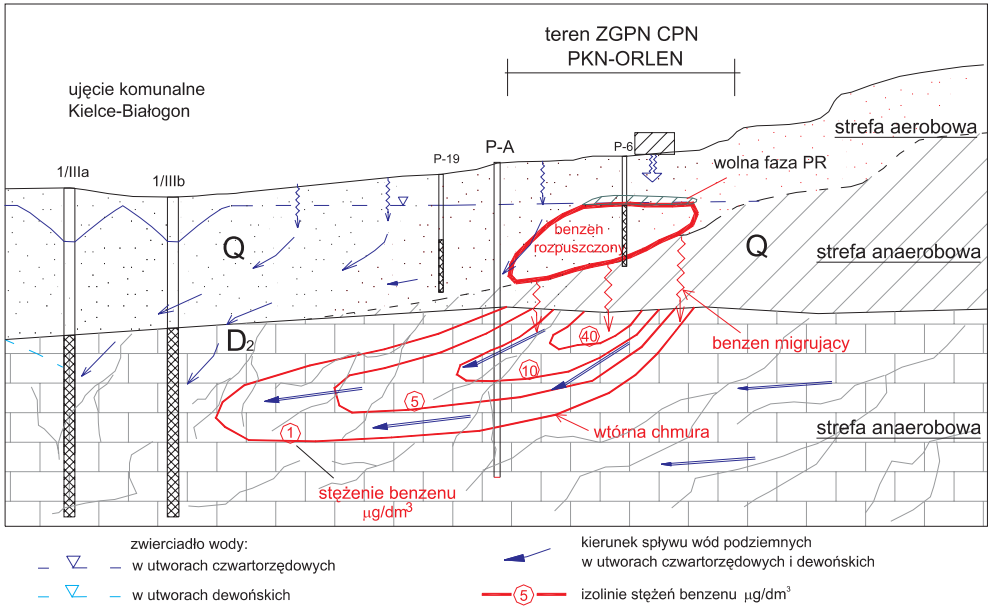
Zanieczyszczenie środowiska wodno-gruntowego przez wolną fazę węglowodorów zostało praktycznie usunięte w latach 1990–2000, zmniejszone zostały również stężenia węglowodorów rozpuszczonych w wodach podziemnych. Jednakże od początku lat 50., od momentu pierwszego wycieku paliwa do gruntu, trwa prawdopodobnie proces powolnej pionowej migracji rozpuszczonego benzenu przez strefę słabo przepuszczalnych glin rozdzielających czwartorzędową i dewońską warstwę wodonośną. Po wnikięciu do dewonu migracja benzenu odbywa się zgodnie z lateralnym przepływem wód podziemnych w stronę pobliskich ujęć wód podziemnych. Schemat koncepcyjny migracji benzenu przedstawiony został na rysunku 2.

5. WYKONANIE OTWORU ROZPOZNAWCZEGO P-A W REJONIE OGNISKA ZANIECZYSZCZEŃ

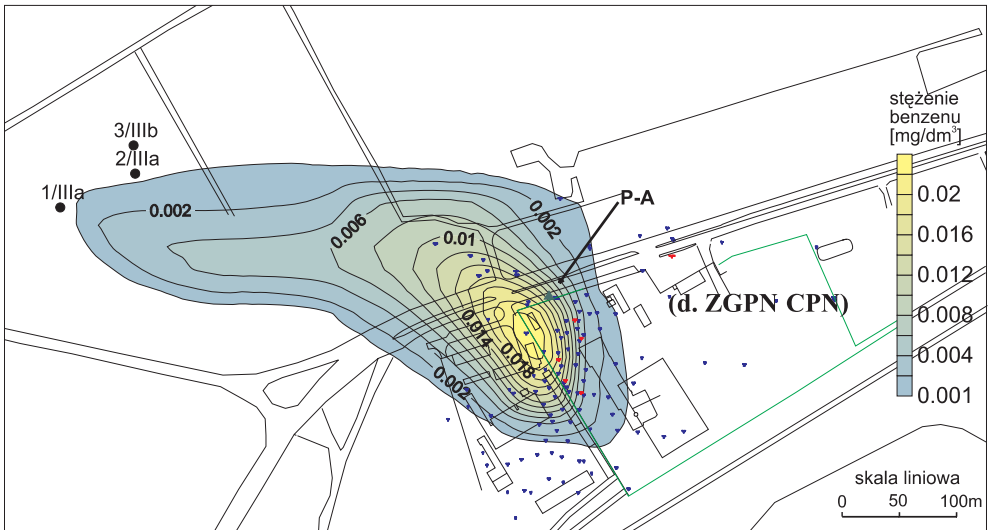
W rejonie ogniska zanieczyszczenia (d. ZGPN CPN) Kielce-Białogon nie było żadnego otworu monitorującego stan zanieczyszczenia wód podziemnych w dewońskim piętrze wodonośnym.

W ramach monitoringu wód podziemnych prowadzonego na terenie bazy paliw (d. ZGPN CPN) oraz w celu potwierdzenia stężeń benzenu w środkowodewońskim poziomie wodonośnym wyliczonych na podstawie badań modelowych wykonany został otwór badawczy P-A. Otwór zlokalizowany został w bezpośredniej bliskości ogniska zanieczyszczeń na trasie spływu wód do ujęcia (rys. 2, 3).

Wiercenie otworu w czwartorzędzie prowadzono metodą obrotową bez rdzeniowania przy użyciu płuczki bentonitowej. W wapieniach środkowodewońskich kontynuowano prace przy zastosowaniu płuczki wodnej. Do głębokości około 21 m wiercono średnicą ϕ



Rys. 2. Schemat koncepcyjny migracji benzenu w obszarze (d. ZGPN CPN) Kielce-Białogon



Rys. 3. Stężenie benzenu w środkowodewońskim poziomie wodonośnym – na podstawie badań modelowych

216 mm, po czym zapuszczono do otworu kolumnę rur stalowych osłonowych ϕ 168 mm (6 5/8"). Przestrzeń pomiędzy kolumną rur osłonowych a ścianą otworu została zacementowana. Po przewierceniu korka cementowego kontynuowano prace (otwór bosy) świdrem gryzowym ϕ 143 mm do głębokości końcowej 50 m.

Pierwszy poziom czwartorzędowy o zwierciadle swobodnym stwierdzono na głębokości 4,3 m. Drugi poziom dewoński charakteryzuje się zwierciadłem napiętym nawierconym na głębokości 17,2 m, stabilizującym się na głębokości 5,2 m p.p.t., czyli około 0,9 m niżej od poziomu czwartorzędowego [6].

W trakcie prowadzenia wiercenia pobrane zostały z czwartorzędu z głębokości 3 m i 5,5 m dwie próbki gruntu do badań chromatograficznych na zawartość węglowodorów aromatycznych. Żadna z próbek nie wykazała zanieczyszczenia.

Po trzykrotnym przepompowaniu otworu P-A pobrana została reprezentatywna próbka wody z poziomu środkowodewońskiego. W próbce wody oznaczono: sumę węglowodorów, węglowodory aromatyczne (benzen, toluen, etylobenzen, ksyleny, sumę BTEX). Pobrana ze środkowego dewonu reprezentatywna próbka wody wykazała występowanie benzenu w ilości 0,022 mg/dm³. Wykryte stężenia węglowodorów w środkowodewońskim poziomie wodonośnym potwierdzają obliczenia wykonane na modelu migracji benzenu (rys 3.).

6. WNIOSKI

1. W południowej części głównego zbiornika wód podziemnych GZWP 417 Kielce w bezpośrednim sąsiedztwie ujęć wód podziemnych znajduje się obszar zanieczyszczony produktami ropopochodnymi pochodzącymi z dawnego Zakładu Gospodarki Produktami Naftowymi (d. ZGPN CPN).
2. Wyniki analiz wody podziemnej pobranej ze środkowodewońskiego otworu P-A wykazały obecność węglowodorów na poziomie 20–30 $\mu\text{g}/\text{dm}^3$ (suma BTEX-ów).
3. Numeryczny model przepływu i bilansu wód podziemnych w rejonie eksploatacji (RE) Kielce zbudowany został poprawnie, co potwierdziły pomiary terenowe.
4. Wykryte stężenia węglowodorów w środkowodewońskim poziomie wodonośnym potwierdzają obliczenia wykonane na modelu migracji benzenu (rys. 3).

LITERATURA

- [1] Filonowicz E.: *Szczegółowa mapa geologiczna Polski, arkusz 815 – Kielce w skali 1:50 000, wraz z objaśnieniami*, Instytut Geologiczny, Warszawa 1971.
- [2] Guiger N., Franz T.: *Visual MODFLOW Pro v.3.1*, Waterloo Hydrologic Inc., 1995–2003.
- [3] Kleczkowski A.S. (red.): *Mapa głównych zbiorników wód podziemnych (GZWP) w Polsce wymagających szczególnej ochrony*, IHiGI, AGH, Kraków 1990.

- [4] Knez J., Wodniak R.: *Problemy związane z modelowaniem migracji zanieczyszczeń węglowodorami aromatycznymi w szczelinowo-krasowym zbiorniku wód podziemnych GZWP 417 Kielce. Modelowanie przepływu wód podziemnych*, Wrocław 2004, s. 93–104.
- [5] Knez J.: *Weryfikacja i walidacja modelu na podstawie znaczników środowiskowych sześćofluorku siarki SF₆ i trytu*, Poznań 2006.
- [6] Knez J.: *Ocena migracji benzenu w wodach podziemnych na podstawie badań modelowych w wybranym obszarze zbiornika GZWP 417 Kielce*, praca doktorska, AGH, Kraków 2006.
- [7] Szklarczyk T., Knez J.: *Ocena zasobów dyspozycyjnych i eksploatacyjnych dla regionu eksploatacji wód podziemnych Kielce-Podregion „A” na podstawie badań modelowych*, w: *Dokumentacja hydrogeologiczna Rejonu Eksploatacji Wód Podziemnych (RE) Kielce – aktualizacja zasobów eksploatacyjnych ujęcia komunalnego w Kielcach-Białogonie*, P.G. Kraków 2003, praca niepublikowana.