

Hydrogeologiczne uwarunkowania eksploatacji złóż surowców skalnych w Regionie Opolskim

Hydrogeological determinants of rock raw materials exploitation in Opole Region



*Dr inż. Kazimierz Różkowski**



*Dr inż. Krzysztof Polak**



*Mgr inż. Karolina Kaznowska-Opala**

Treść: Region Opolski dzięki specyficznemu położeniu posiada znaczące zasoby surowców węglanowych dla przemysłu cementowego i wapienniczego bądź dla potrzeb produkcji kruszyw łamanych. Do podstawowych surowców skalnych należą również kruszywa naturalne reprezentowane przez pospolicie występujące piaski i żwiry. Dla porównania, dużo mniejszą skalą eksploatacji objęte są skały magmowe i metamorficzne, rozpoznane niewielkimi złożami o ograniczonym zagospodarowaniu i wydobywaniu. Eksploatacja surowców węglanowych koncentruje się głównie w rejonie wychodni. Obszar ten stanowi strefę zasilania zasobnego GZWP nr 333 Opole – Zawadzkie. Pomimo nasilającej się antropopresji, wzmożonej funkcjonowaniem licznych dużych ujęć wód podziemnych, prowadzone odwodnienie wywołuje lokalne zmiany pola hydrodynamicznego. Modyfikacje pierwotnych kierunków przepływu zaznaczają się najwyraźniej w okolicach: Górażdzy, Opola, Strzelec Opolskich, czy Tarnowa Opolskiego. Eksploatacja kruszyw naturalnych koncentruje się w rejonach kopalnych bądź współczesnych dolin rzecznych. Funkcjonujące zakłady górnicze eksploatujące kruszywa naturalne prowadzą wydobywanie głównie do poziomu zwierciadła wód podziemnych. Schodząc poniżej, zazwyczaj stosują eksploatację spod lustra wody, ingerując w ograniczonym stopniu w warunki krążenia wód poprzez utworzenie powierzchniowych zbiorników wodnych. Zmiany wywołują lokalną modyfikację warunków bilansu wodnego i systemu krążenia wód.

Abstract: Opole voivodeship thanks to the specific position, has significant resources of carbonate raw materials for cement and lime industry, or for the production of crushed stone. The basic rock materials also include natural aggregates represented by commonly occurring sands and gravels. Igneous and metamorphic rocks, identified in small deposits of limited spatial scale and mining operations fall into a comparatively much smaller scale of exploitation. Mining carbonates takes place mainly in the outcrop area. This area is a zone of recharge of MGB no. 333 Opole-Zawadzkie. Despite the increasing anthropopressure, intensified by functioning of the numerous large water intakes, the conducted dewatering interacts only locally on the hydrodynamic field. Modifications to the original flow directions remain most visible in the surroundings of: Górażdże, Opole, Strzelce Opolskie or Tarnów Opolski. Exploitation of natural aggregates takes place in the areas of buried or modern river valleys. Operating mining companies exploiting natural aggregates, perform mining mainly to the level of the groundwater table. Going lower, they usually operate under the water level, interfering limitedly on water circulation through the creation of post exploitation ponds. Changes induce local modification of the water balance and water circulation system.

Słowa kluczowe:

surowce skalne, warunki hydrogeologiczne, Region Opolski

Key words:

rock raw materials, hydrogeological conditions, Opole Region

1. Wprowadzenie

Eksploatacja surowców mineralnych nieodłącznie wiąże się z presją wywieraną na środowisko, w tym na środowisko wodne. Oddziaływania są wynikiem przekształcenia natu-

ralnych stosunków wodnych otoczenia złoża. Uruchomienie drenażu górotworu staje się koniecznością w przypadku płytkiego zalegania zwierciadła wód podziemnych. Punktowe obniżenie poziomu wód w wyrobisku ekstrapoluje się na otoczenie, modyfikując układ pola hydrodynamicznego, a nierzadko propagując oddziaływania na wody powierzchniowe. Obniżeniu ulega poziom zwierciadła wód pięt

*) AGH w Krakowie, Wydział Górnictwa i Geoinżynierii

zasobowego, a niejednokrotnie i sąsiednich, pozostających w relacjach hydraulicznych. Obserwowane są spadki przepływu cieków powierzchniowych, w skrajnych przypadkach prowadząc do zaniku wody w najbardziej drenowanych fragmentach biegu. Obniżenia poziomu zwierciadła wody w najpłytszym poziomie wodonośnym mogą skutkować również spadkiem wilgotności gleb, a co za tym idzie obniżeniem ich produktywności. W większości zakładów górniczych, wobec stosunkowo dużych ilości wód z odwodnienia, nie udaje się ich zagospodarować w całości. Dopływające do systemu odwadniania wody trafiają zatem w wyniku zrzutu do sieci rzecznej. Odprowadzana z powrotem do sieci rzecznej woda, pochodząca z odwadniania wyrobiska, może prowadzić do zaburzenia równowagi hydrologicznej środowiska wód powierzchniowych, generując szereg negatywnych skutków.

Obniżenie zwierciadła wód podziemnych w otoczeniu zakładu górniczego pogłębia naturalnie ukształtowaną strefę aeracji. Natlenienie pierwotnie zawodnionych partii górotworu niejednokrotnie indukuje zmiany geochemiczne które, zależnie od wykształcenia litologicznego osuszonych skał, prowadzą do wymywania przez dopływające do wyrobiska wody produktów utlenienia.

2. Warunki hydrogeologiczne w obszarach eksploatacji surowców węglanowych

Region Opolski charakteryzuje się skomplikowaną budową geologiczną. Dzięki specyficznemu położeniu posiada znaczące zasoby surowców skalnych węglanowych dla przemysłu cementowego i wapienniczego, przekraczające 25 % zasobów krajowych. Obok skał węglanowych wykształconych w postaci wapieni i margli, wydobywanych równocześnie dla potrzeb produkcji kruszyw łamanych, do podstawowych eksploataowanych surowców skalnych należą pospolicie występujące piaski i żwiry, a także, na nieporównywalnie mniejszą skalę, skały magmowe i metamorficzne, reprezentowane przez niewielkie złoża o ograniczonym zagospodarowaniu i wydobywaniu. Specyfika poszczególnych podstawowych typów surowców implikuje odmienne metody eksploatacji, a wraz z nimi oddziaływania indukowane w środowisku.

Poddawane eksploatacji złoża surowców skalnych (rys. 1) w Regionie związane są przede wszystkim z mezozoicznymi utworami tzw. triasu opolskiego, a także młodszymi nagromadzeniami skał, głównie okrucowych, wieku trzeciorzędowego i czwartorzędowego. Pojedyncze złoża, głównie skał magmowych (granity) i metamorficznych (marmury, amfibolity, gnejsy) zostały udokumentowane w obrębie bloku przedsudeckiego, budującego skrajnie południowo-zachodnią część Regionu. Część z nich podlega eksploatacji. W wykształceniu dominują skały metamorficzne proterozoiku i starszego paleozoiku wraz z młodopaleozoicznymi granitoidami. Ze względu na małe znaczenie surowcowe i nieznaczną powierzchnię w obrębie Regionu nie omówiono szerzej tej struktury.

3. Węglanowych warunki hydrogeologiczne w obszarach eksploatacji kruszyw naturalnych

Dominującą kopalinę Regionu stanowią skały węglanowe: wapienie, margle i dolomity wieku triasowego (T_2), lokalnie kredowego (Cr_3), przykryte w obszarze położonym na południowy-wschód od Opola, w rejonie miejscowości Gogolin i Strzelce Opolskie jedynie cienką pokrywą utworów czwartorzędowych. Do największych eksploataowanych złóż należą: Góraźdze (T_2), Odra II (Cr_3), Opole – Folwark (Cr_3), Strzelce

Opolskie (T_2), Tarnów Opolski (T_2). Surowiec zaspokaja potrzeby głównie przemysłu wapienniczego i cementowego. Część produkcji przeznaczona jest również na kruszywa, np. ze złoża Strzelce Opolskie. Do obszarów o największej intensywności eksploatacji należą powiaty: opolski, strzelecki i krapkowicki, skąd pochodzi ponad 80 % produkcji surowców węglanowych. W rejonie prowadzonej eksploatacji występują trzy poziomy wodonośne związane z utworami triasu: wapienia muszlowego, retu i pstrego piaskowca. Wydobywanie prowadzone jest w strefie wychodni dwóch pierwszych, a więc w obszarze bezpośredniego zasilania.

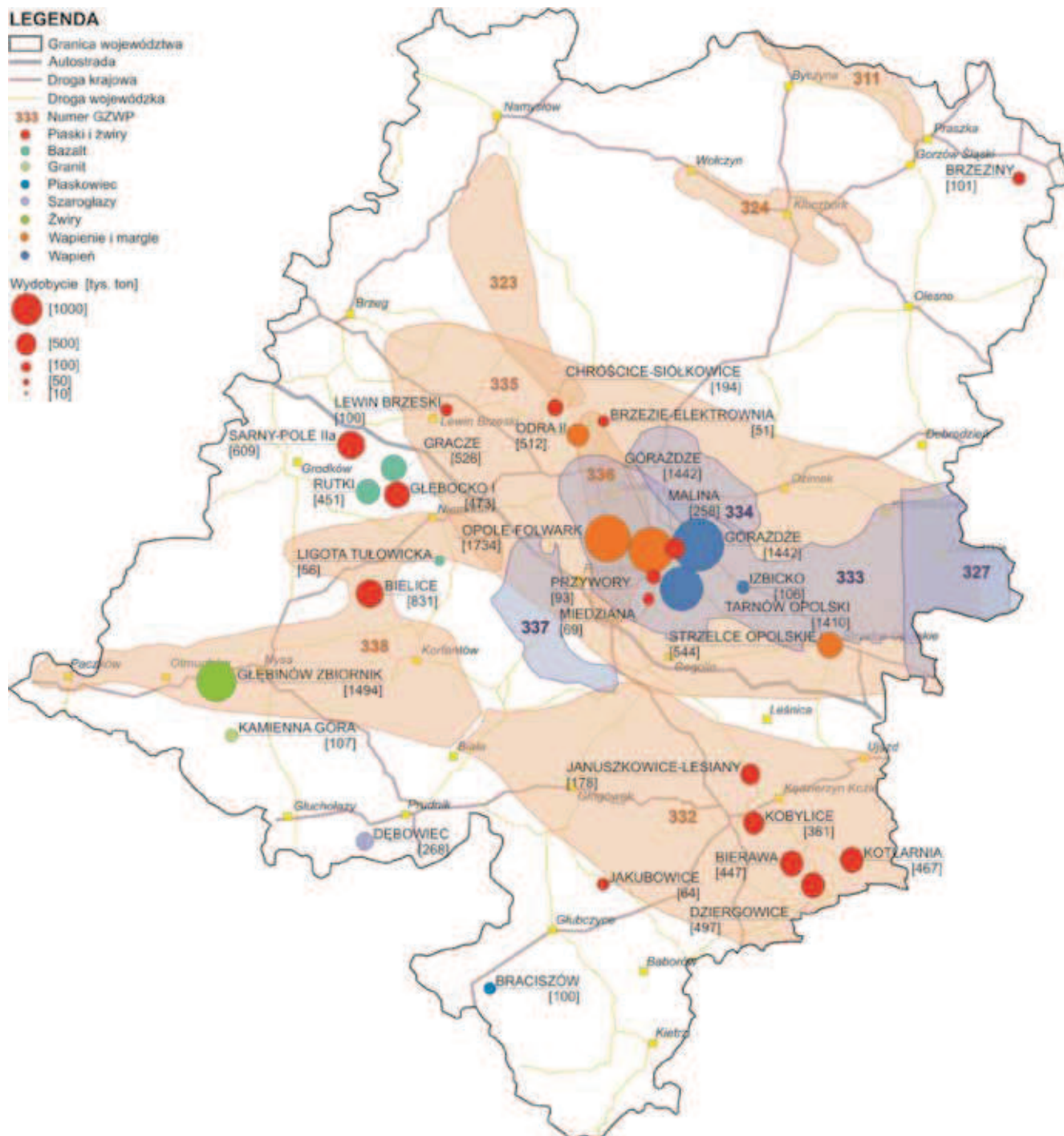
Poziom wapienia muszlowego należy do najzasobniejszych, tworząc, ze względu na wykształcenie, zbiornik o charakterze szczelinowo-krasowo-porowym. Spoczywa bezpośrednio na ilach marglistych, marglach, i wapieniach retu, najwyższej części dolnego triasu. Sąsiadujące poziomy wodonośne wapienia muszlowego i retu traktuje się łącznie, jako kompleks wodonośny, z uwagi na szerokie kontakty hydrauliczne wynikające z tektoniki obszaru i częsty brak warstw izolujących [8]. Liczne są ujęcia ujmujące wspólnie wspomniane poziomy.

Korzystne parametry hydrogeologiczne skłoniły do wydzielenia w obrębie utworów węglanowych wapienia muszlowego i retu Głównego Zbiornika Wód Podziemnych (GZWP), struktury spełniającej umownie ustalone kryteria jakościowe i ilościowe, o numerze 333 Opole – Zawadzkie (rys. 1). Wraz z przedłużeniem struktur ku wschodowi, na terenie obecnego województwa śląskiego, wyznaczono kolejny zbiornik GZWP o numerze 327 Lubliniec – Myszków. Zbiornik Opole – Zawadzkie obejmuje powierzchnię około 750 km², praktycznie pozbawionych izolacji wychodni. Z tego względu planuje się objęcie całego obszaru formą najwyższej ochrony. Ujęcia lokowane są na przeciętnych głębokościach 120 – 240 m p.p.t. Średni współczynnik filtracji osiąga 4,04·10⁻⁴ m/s. W części południowej, pozbawionej izolacji zwierciadło posiada swobodny charakter, zmieniając się ku północy w napięty, pod pokrywą izolujących warstw górnotriasowych i kenozoicznych. Pod względem zasobów dyspozycyjnych, które oszacowano na 200 tys. m³/d, należy do jednych z najzasobniejszych w Regionie [2].

Podścielające utwory niższego pstrego piaskowca tworzą łącznie z osadami permu wspólny kompleks wodonośny wykształcony w formie piaskowców i zlepieńców [6]. Warstwę izolującą stanowią margliste osady retu. W obszarze o najkorzystniejszych warunkach hydrogeologicznych wyodrębniono Główny Zbiornik Wód Podziemnych nr 335 Krapkowice – Strzelce Opolskie (rys. 1). Liczne ujęcia wód stanowią podstawę zaopatrzenia wielu miast i wsi rejonu Gogolina, Krapkowic, czy Strzelec Opolskich.

Pośród pojawiających się ku zachodowi od Opola utworów kredy górnej podjęto eksploatację margli i wapieni turonu dla potrzeb przemysłu cementowego. W obrębie tzw. kredy opolskiej wyodrębniono dwa poziomy wodonośne: wyższy związany ze spękanymi marglami i wapieniami turonu, poddawany eksploatacji, o niewielkim rozprzestrzenieniu oraz zawodnieniu i dolny, związany z piaskowcami i piaskami cenomanu, oddzielony izolującą serią marglisto-ilastą. W obrębie poziomu cenomanu wyodrębniono GZWP nr 336 Niecka Opolska (rys. 1). Poziom cenomanu stanowi pierwszy poziom użytkowy na terenie miasta Opola, podlegający intensywnej eksploatacji.

Ze względu na ukształtowanie powierzchni terenu eksploatacja utworów mezozoicznych prowadzona jest generalnie wyrobiskami wgłębnymi, zazwyczaj poniżej poziomu zwierciadła wody. Duża zasobność utworów węglanowych i urbanizacja pozwoliły na budowę licznych ujęć wód podziemnych, które wraz z drenażem górniczym znacząco



Rys. 1. Ważniejsze zakłady górnicze Regionu Opolskiego eksploatujące surowce skalne na tle mapy Głównych Zbiorników Wód Podziemnych, Źródło: Opracowanie własne na podst. [3]

Objaśnienia. Główne Zbiorniki Wód Poziemnych (MGB): 311 – Zbiornik rzeki Proсна, 324 – Dolina kopalna Kluczbork, 323 – Subzbiornik rzeki Stobrawa, 335 – Zbiornik Krapkowice-Strzelce Opolskie, 336 – Niecka opolska, 334 – Dolina Kopalna rzeki Mała Panew, 333 – Zbiornik Opole-Zawadzkie, 327 – Zbiornik Lubiniec-Myszków, 337 – Lasy Niemodlińskie, 338 – Subzbiornik Paczków-Niemodlin, 332 – Subniecka kędzierzyńsko-głubczycka

Fig. 1. Major quarries exploiting rock raw materials on the background of Major Groundwater Basins (MGB), source: own development, on the basis of [3]

Explanations. Major Groundwater Basins: 311 – Proсна River Basin, 324 – Kluczbork Buried Valley, 323 – Stobrawa River Subbasin, 335 – Krapkowice-Strzelce Opolskie Basin, 336 – Opole Trough, 334 – Mała Panew River Buried Valley, 333 – Opole-Zawadzkie Basin, 327 – Lubiniec-Myszków Basin, 337 – Niemodlin Woods, 338 – Paczków-Niemodlin Subbasin, 332 – Kędzierzyn-Głubczyce Subtrough

uszczuplają zasoby wodne Regionu. Prowadzone odwodnienie wywołuje jednakże zmiany lokalne, aczkolwiek o rosnącym natężeniu. Modyfikacje pierwotnych kierunków przepływu zaznaczają się najwyraźniej w okolicach: Górazdzy, Opola, Strzelec Opolskich, czy Tarnowa Opolskiego. Szczególnie dotknięta została nimi południowa część GZWP nr 333 Opole – Zawadzkie (rys. 1). Intensywne rolne zagospodarowanie doprowadziło do pojawienia się podwyższonych stężeń związków azotu w wodach podziemnych, zagrażając bardzo dobrym parametrom jakości wód [5, 7]. Zjawisko o regionalnym już znaczeniu ogranicza możliwość zagospodarowania wód pochodzących z drenażu górniczego.

4. Eksploatacja kruszyw naturalnych

Obok surowców węglanowych najważniejszymi w Regionie pozostają kruszywa naturalne, eksploatowane ze złóż wieku czwartorzędowego i trzeciorzędowego (Rys. 1). Utwory trzeciorzędowe pokrywają przeważającą część powierzchni Regionu Opolskiego, za wyjątkiem niewielkich fragmentów w części południowej, w okolicach Głubczyc i Prudnika, a także wschodnich i północno-wschodnich rubieży obszaru, począwszy od Zdieszowic, przez Opole, Kluczbork, Wołczyn. Pośród dominacji utworów nieprzepuszczalnych wyróżniono lokalnie poziomy wodonośny o nieciągłym charakterze, porożcinane erozyjnie wyżłobionymi strukturami dolin kopalnych i współczesnych. Wypełnione osadami o różnym wykształceniu, przeważnie dobrze przepuszczalnymi, w wielu przypadkach doliny stanowią strefy kontaktu hydraulicznego, stwarzając dogodne warunki do swobodnego krążenia wód. Na pozostałym obszarze piaski pojawiające się pośród nieprzepuszczalnych utworów, głównie o wykształceniu ilastym, prowadzą wody pod ciśnieniem. Większość udokumentowanych i eksploatowanych złóż naturalnych kruszyw związanych jest z utworami dolinnymi, pozostając nierzadko w strefie kontaktu hydraulicznego z poziomami czwartorzędowymi. W strefach występowania korzystnych warunków hydrogeologicznych wyodrębniono trzy Główne Zbiorniki Wód Podziemnych o numerach: 323 Subzbiornik (Tr) rzeki Stobrawa, 332 Subniecka (Tr) kędzierzyńsko – głubczycka, 338 Subzbiornik (Tr) Paczków – Niemodlin (Rys. 1). Największy z nich, GZWP nr 332, wraz z kontynuacją ku zachodowi w postaci zbiornika GZWP nr 338, obejmuje znacznej miąższości utwory nagromadzone w obrębie rowu tektonicznego Paczków – Kędzierzyn. Rów ten, podobnie jak i wiele innych struktur tektonicznych przemodelowujących okolicę, powstał w trakcie ruchów fałdowania alpejskiego. Wyniesieniu uległ m.in. rejon tzw. triasu opolskiego, ograniczając depozycję młodszych osadów. Z powstaniem lub odnowieniem starych dyslokacji wiązało się nasilenie magmatyzmu, doprowadzając do powstania wylewów law bazaltowych, udokumentowanych i eksploatowanych w złożach Gracze, Rutki, Ligota Tułowicka. Powstałe ciała magmowe są generalnie niewielkich rozmiarów, nie odgrywając znaczącej roli w hydrogeologii Regionu.

W obrębie powstałego obniżenia tektonicznego nagromadziły się znaczącej miąższości osady, w przewodzie wieku badeńskiego o ilastym wykształceniu. Ponad utworami morskimi, w sarmacie utworzyły się osady lądowe, rozwinięte w facji fluwialnej i limnicznej (warstwy kędzierzyńskie). W strefie centralnej, o nieckowatym charakterze, miąższość osadów przekracza 50 m, osiągając maksymalnie 130 m [1, 2]. Litologicznie sarmat reprezentowany jest przez kompleks ilasty z przewarstwieniami piasków i żwirów. W rejonie Kędzierzyna, Kuźni Raciborskiej, Zdieszowic piaski i żwiry osiągają miąższości 10 ÷ 30 m, charakteryzując się dużym

wskaznikiem przewodności. W obrębie utworów sarmatu udokumentowano złoża kruszyw naturalnych, wraz z kontynuacją struktury ku wschodowi, częściowo administracyjnie przynależne do województwa śląskiego.

Zdecydowanie największa ilość produkowanych kruszyw pochodzi ze złóż wieku czwartorzędowego. Nagromadzenia kruszyw naturalnych w postaci piasków, żwirów, czy pospółek, związane są genetycznie z działalnością lodowców, wód polodowcowych i wód płynących okresu poprzedzającego i późniejszego. Licznie występują w dolinach kopalnych rzek, zasypanych w okresie późniejszym, przy dominacji procesów akumulacji nad erozją. Do ważniejszych należą doliny: Małej Panwi, Knieja – Laskowice, Jaśkowice – Przylesie, Kluczbork – Namysłów, Proсны. W rozwoju sieci dolinnej dominują kierunki przebiegu SE – NW. Nasilone procesy erozji w głębinie doprowadziły do rozcięcia starszego podłoża wieku mioceńskiego, górnokredowego, czy kajpru. Głębokość wcięcia dolin przeciętnie wynosi 50 m, przekraczając lokalnie i 120 m. Doliny wypełnione są najczęściej osadami piaszczysto – żwirowymi, często porożdzielanymi poziomami glin, o miąższościach od kilkunastu do 40 m. W okresie glacialnym rejon Opola pozostawał w maksymalnym zasięgu dwóch wielkich zlodowaceń: Sanu oraz Odry. Na obszarach międzyrzeczy zdeponowane zostały typowe osady glacialne wraz z formami fluwio-glacialnymi o nieznacznej, w porównaniu ze strefami dolinnymi, miąższości. Nagromadzenia naturalnych kruszyw spotykamy w formie kemów, ozów, czy wydm.

Najmłodsze złoża kruszyw związane są z dolinami współczesnych rzek: Odry, Nysy Kłodzkiej, Małej Panwi i innych, wypełnionych aluwiami o miąższościach dochodzących do 30 m. Znaczący obszar złożowy wyodrębniono przy wschodniej granicy Regionu, w dolinie Odry pomiędzy Raciborzem (woj. śląskie) i Kędzierzynie (złoża: Kotlarnia – Pole Północne, Kotlarnia – Solarnia, rys. 1). Eksploatacja wiąże się z prowadzeniem odwodnienia (Kotlarnia – Pole Północne), bądź realizowana jest spod lustra wody (Kobylice). W dolinie Nysy Kłodzkiej znaczna koncentracja kruszywa naturalnego występuje pomiędzy Paczkowem a Kantorowicami (m.in. złożo Otmuchów Zbiornik, Głębiniów-Zbiornik), przy miąższości osadów 5 ÷ 14 m [4].

W cyrkulacji płytkich wód podziemnych doliny kopalne, podobnie jak współczesne rzeczne, pełnią rolę stref drenażu, odwadniając przyległe wysoczyzny, jak również pozostające w kontakcie hydraulicznym poziomy trzeciorzędowe. Pośród najzasobniejszych fragmentów wytyczone granice Głównych Zbiorników Wód Podziemnych: 324 Dolina kopalna Kluczbork, 334 Dolina kopalna rzeki Mała Panew, 337 Dolina kopalna Lasy Niemodlińskie, oraz częściowo 311 Zbiornik (QDK) rzeki Proсна (rys. 1). Typowym przykładem więzi hydraulicznej pozostaje największy zbiornik Regionu GZWP nr 332 Subniecka (Tr) kędzierzyńsko – głubczycka, obejmujący kompleks wodonośny złożony z poziomów czwartorzędowych i trzeciorzędowych. Zbiorniki należą do porowych, o głębokości ujęć w przedziale 20 ÷ 70 m. Poniżej, bo na głębokościach w przedziale 80 ÷ 120 m, studnie funkcjonują wyłącznie w obrębie zbiornika subniecki kędzierzyńsko ÷ głubczyckiej. Za wyjątkiem niewielkich zbiorników nr 324, 337, o zasobach rzędu 20 tys. m³/d pozostałe zapewniają zasoby dyspozycyjne w ilości przekraczającej 100 tys. m³/d. Ze względu na miejscami słabą izolację od powierzchni terenu, np. w rejonie Kluczborka, wody poziomów czwartorzędowych są podatne na degradację.

Poza dolinami rzek kopalnych i współczesnych poziom wodonośny czwartorzędu związany jest z polodowcowymi i fluwio-glacialnymi piaskami i żwirami o bardzo zmiennej miąższości i rozprzestrzenieniu. Dominują warunki swobodne, poza strefami obecności glin morenowych napinających lokalnie zwierciadło wód.

Funkcjonujące zakłady górnicze eksploatujące kruszywa naturalne, schodząc poniżej zwierciadła wód podziemnych, zazwyczaj stosują eksploatację spod lustra wody, częściowo ingerując w warunki krążenia wód poprzez utworzenie powierzchniowych zbiorników wodnych, co wiąże się z lokalną zmianą warunków bilansu wodnego i systemu krążenia wód. Sporadycznie prowadzone jest odwodnienie (Kotłarnia – Pole Północne). Ze względu na miejscami słabą izolację od powierzchni terenu, np. w rejonie Kluczborka, wody poziomów czwartorzędowych są podatne na degradację. Na skutek intensywnej eksploatacji wód poziomów wodonośnych licznymi studniami ujęciowymi, w rejonie Kędzierzyna wytworzył się głęboki lej depresyjny.

Wydobycie prowadzone ze złóż niezawodnionych nie wpływa istotnie na zmianę stosunków wodnych. Jedynie przekształcenia morfologii terenu mogą przyczynić się do lokalnej zmiany kierunków spływu wód opadowych, w praktyce nie wywołując istotnych konsekwencji.

5. Podsumowanie

Wydobywanie surowców skalnych wpływa na środowisko na wszystkich etapach przedsięwzięcia, począwszy od prac przygotowawczych, poprzez eksploatację surowca, do etapu likwidacji poprzez rekultywację wyrobiska. Jednym z bardziej wrażliwych komponentów środowiska na przemiany związane z eksploatacją jest środowisko wodne. W wielu przypadkach, ze względów ekonomicznych, czy uwarunkowań hydrogeologicznych, zakłady górnicze prowadzą prace wydobywcze powyżej poziomu zwierciadła wód podziemnych, nie ingerując w naturalne stosunki wodne. Kiedy uwarunkowania geologiczno-górnictwa wymuszają zejście z eksploatacją poniżej poziomu zwierciadła wód podziemnych prowadzone prace wywołują zmiany w środowisku wodnym.

W Rejonie Opolskim górnictwo skalne wiąże się głównie z wydobyciem kruszyw łamanych węglanowych (wapieni, dolomitów i margli) na obszarze monokliny śląsko – krakowskiej, a także kruszyw naturalnych z utworów trzeciorzędowych i czwartorzędowych zalegających w dolinach kopalnych i współczesnych rzek. Ze względu na relatywne rozproszenie eksploatacji, w korelacji np. z rejonem kieleckim bądź eksploatacją węgla kamiennych w Regionie Górnego Śląska, oddziaływanie na środowisko wód podziemnych sprowadza się do lokalnego wpływu.

Utworzone wokół pojedynczych wyrobisk, głównie eksploatujących surowce węglanowe, leje depresyjne osiągają powierzchnie od kilku do kilkudziesięciu km², nie

tworząc powierzchni depresyjnej o regionalnych rozmiarach. Modyfikacje pierwotnych kierunków przepływu zaznaczają się szczególnie wyraźnie w okolicach: Góraźdzy, Opola, Strzelec Opolskich, czy Tarnowa Opolskiego. Pojawiające się negatywne konsekwencje prowadzonych prac odwodnieniowych mają ograniczone natężenie i rozprzestrzenienie.

Wpływ eksploatacji kruszyw naturalnych na środowisko wodne pozostaje w praktyce niewielkie. Prace prowadzone są bowiem powyżej lustra wody bądź, w przypadku stosowania głębszej eksploatacji, wdrażane są technologie wydobywania spod wody. Większość zakładów, zgodnie z opracowanymi raportami oceny oddziaływania na środowisko, prowadzi działania ograniczające bądź kompensujące negatywny wpływ na środowisko.

Praca powstała w ramach projektu rozwojowego pt. „Strategie i scenariusze technologiczne zagospodarowania i wykorzystania złóż surowców skalnych” (nr UDA-POIG.01.03.01-00-001/09-00).

Literatura

1. *Alexandrowicz S. W., Kleczkowski A. S.*: Osady trzeciorzędowe opolszczyzny. Przewodnik XLVI Zjazdu Polskiego Towarzystwa Geologicznego, Opole. Wydawnictwa Geologiczne, Warszawa, 1974.
2. *Kleczkowski A. S. (red.)*: Mapa obszarów Głównych Zbiorników Wód Podziemnych (GZWP) w Polsce wymagających szczególnej ochrony, skala 1:500000. Instytut Hydrogeologii i Geologii Inżynierskiej Akademii Górniczo-Hutniczej, Kraków, 1990.
3. *Kozioł W., Machniak L. (red.)*: Scenariusze technologiczne pozyskiwania i zagospodarowania surowców skalnych w województwie opolskim. Poltegor-Instytut, Instytut Górnictwa Odkrywkowego, Wrocław, 2014
4. *Kozłowski S.*: Surowce skalne województwa opolskiego. Przewodnik XLVI Zjazdu Polskiego Towarzystwa Geologicznego, Opole. Wydawnictwa Geologiczne, Warszawa, 1974.
5. *Kryza H., Kryza J.*: Zanieczyszczenie wód podziemnych triasu opolskiego. Współczesne problemy hydrogeologii, t. 10, 2001.
6. *Malinowski J. (red.)*: Budowa geologiczna Polski. Tom VII, Hydrogeologia. Wydawnictwa Geologiczne, Warszawa, 1991.
7. *Różański K., Kuc T., Chmura W., Klish M., Żurek A., Chmiel M.*: Zanieczyszczenie azotanami zbiornika wód podziemnych GZWP 333 Opole-Zawadzkie w świetle badań izotopowych. Współczesne problemy hydrogeologii, t. 13, cz. 2, 2007.
8. *Różkowski A. (red.)*: Szczelinowo – krasowe zbiorniki wód podziemnych Monokliny Śląsko-Krakowskiej i problemy ich ochrony. Wydawnictwo AGGW-AR, Warszawa, 1990.