

Renowacja studni wodociągowych w świetle badań geofizycznych

W idealnych warunkach jednorodnego gruntu, składającego się z kulistych, gładkich, chemicznie obojętnych ziaren i zdemineralizowanej, jałowej wody oraz stabilnego zasilania warstwy wodonośnej studnia pracowałaby do czasu mechanicznego uszkodzenia filtra. W praktyce obserwujemy procesy starzenia się studni z rosnącą depresją, czego przyczyną są procesy zbliżone do tych zachodzących w filtrach żwirowych stacji uzdatniania. Wymaga to płukania złoża z częstotliwością zależną od wydajności ujęcia i jakości wody.

Zjawisko zachodzi powszechnie z różną intensywnością oraz opisywane jest jako kolmatacja. W celu wydłużenia okresu eksploatacji studni i ograniczenia kosztów energii elektrycznej stosuje się mechaniczne, chemiczne i mieszane renowacje studni. Inspekcja TV pozwala na kontrolę stanu wewnątrz filtra, jednak zasadniczą przyczyną kolmatacji leży w trudno dostępnej obsypce i strefie przyotworowej gruntu, którą można aktualnie zbadać, stosując metody geofizyczne. Postęp technologiczny w zakresie rozpoznania kolmatacji i efektów renowacji pozwala na coraz lepsze przygotowanie czyszczenia studni, tj. na określenie położenia nieczynnych stref, ustalenie stopnia uszczelnienia filtra, porównanie efektów zabiegów przy zastosowaniu różnych metod itp.

Ujęcie infiltracyjne w Bydgoszczy

Ujęcie powstało w 2010 r. po dziewięcioletnich obserwacjach dwóch pilotażowych układów staw-studnia. Uzyskanie nominalnej wydajności 75 tys. m³/d zapewnia 106 studni z pompami, wspomaganych przez 67 studni lewarowych i dwa odcinki drenaży zbiorczych o długości 480 m. Wszystkie studnie zostały odwiercone mechanicznie bez płuczki. Mają głębokość do 25 m, powtarzalną konstrukcję z filtrem typu Johnson ze stali OH18N9 (ciągła szczelina h = 2 mm) o średni-

cy Ø12-20" i długości części roboczej ok. 5 m.b. z dwuwarstwową obsypką, a w zewnętrznej warstwie żwiru zamontowano rurki piezometryczne o filtrze analogicznym do studziennego.

Instrukcja zaleca zapobiegawcze coroczne czyszczenie wszystkich studni. Obecnie z powodu obserwowanego młodego – mazistego – osadu, MWiK stosuje renowacje mechaniczne z końcową intensywną dezynfekcją filtra. Trwają prace nad alternatywnymi renowacjami chemicznymi. Jednolite warunki geologiczne, powtarzalna konstrukcja i jednakowy wiek studni zapewniają dobre warunki do obserwacji kolmatacji i doboru skutecznych metod czyszczenia. Testowano tu z dobrymi efektami prawie wszystkie metody mechaniczne. Strefy kolmatacji są rejestrowane kamerą, a zeskok mierzony na odcinku filtr/piezometr wewnętrzny ujawnia stopień kolmatacji obsypki. Efekty renowacji są mierzone zarówno przez pompowania pomiarowe z porównaniem q , jak i metodą Jacoba wg normy PN-G-02318:1994, co było warunkiem odbioru tych studni w 2010 r. Aktualnie w efekcie renowacji uzyskuje się q zbliżone lub nieco wyższe od tych z okresu budowy, jednak bazując na doświadczeniach, zakłada się stopniowy spadek wydajności studni. W celu doboru optymalnej technologii renowacji strefy zróżnicowanej głębokościowo kolmatacji, efekty renowacji były w latach 2015 i 2016 r. dodatkowo badane metodami geofizycznymi przez firmę BLM-Storkow.

Analizowane metody renowacji

Do badania wybrano dwie metody mechaniczne – turbocleaner w studni 80G i płukanie wodą pod wysokim ciśnieniem w 90G, zastosowane w studniach jeszcze nieczyszczonych tymi metodami, oraz renowację chemiczną w studni 42G przy zastosowaniu kwasu askorbinowego, jako wstępnie przetestowanego w laboratorium MWiK pod kątem efektywności i ekonomii, a zarazem mającego atest PZH. Zastosowanie turbocleanera polega na wymuszeniu obiegu zamkniętego wody w studni. Urządzenie składa się z agregatu pompowego szczelnie zamkniętego od dołu i od góry pakerami gumowymi. Agregat pompowy umieszczony pomiędzy dolnym a środkowym pakerem czerpie wodę z wybranego odcinka filtra, a następnie tłoczy ją do przestrzeni zawartej pomiędzy środkowym a górnym pakerem, obejmującej nadległy odcinek filtra.

Płukanie wysokociśnieniowe wodą polega na stosowaniu dysz, co pozwala uzyskać znaczną poprawę skuteczności zabiegu, dzięki kumulacji energii kinetycznej na stosunkowo małej powierzchni. Zwykle używa się pomp tłokowych, które mogą generować ciśnienia nawet rzędu 150 MPa (1500 barów).

Do cofnięcia reakcji wytrącania osadu stosowany jest kwas solny „chemicznie czysty”, siarkowy, octowy, askorbinowy, glikolowy, malonowy, amidisulfonowy, ich mieszaniny lub specjalistyczne preparaty wykonane na ich bazie z dodatkiem inhibitorów

antykorozyjnych. W przypadku ujęć wodociągowych dodatkowo wymagane są atesty PZH.

Efekty renowacji wg pompowań i badań geofizycznych

Tradycyjnie stosując wskaźnik q dla ogólnego dopływu wody z całego filtra i po porównaniu z wartościami sprzed renowacji: ($q1$) i po: ($q2$), uzyskano następujące wyniki przedstawione w tabeli 1. Można więc przyjąć, że najlepsze efekty renowacji osiągnięto przy płukaniu filtra wysokim ciśnieniem wody i turbocleanerem, a renowacja chemiczna nie przyniosła oczekiwanej poprawy.

Natomiast po obliczeniu sprawności studni n i współczynnika C Waltona otrzymano wartości ukazane w tabeli 2. Według tych kryteriów, najwyższą sprawność n po renowacji osiągnęła studnia czyszczona turbocleanerem, jednak przy najgorszym parametrze Waltona C wg PN.

Badania geofizyczne prowadzono w 10 wytypowanych studniach, przed i po ich czyszczeniu wymienionymi technikami. Jako uzupełnienie pompowań pomiarowych badania miały na celu ocenę rozmieszczenia stref kolmatacji oraz skuteczności poszczególnych metod czyszczenia. Analizy prowadzono przy wykorzystaniu odpowiednio do tego celu zaadaptowanych technik geofizyki otworowej.

Efekty płukania wodą

Studnie 80G i 90G mają filtry o średnicy 508 mm, a dwuwarstwowa obsypka była ułożona w rurach $d=914$ mm. Zakres stosowanych ciśnień narzucił MWiK na pod-

stawie wcześniejszych badań, ponieważ ciśnienie wyższe niż 150 barów mogło zagęścić obsypkę. Rozkład dopływów do filtra 90G przed renowacją był w miarę jednorodny. Najwyższym wydatkiem jednostkowym charakteryzował się górny odcinek filtra do ok. 9,4 m. W interwale 9,4-12,6 m dopływała największa ilość wody, jednakże na najdłuższym odcinku. Poziom poniżej ok. 12,6 m był najmniej aktywny, choć prowadzone zabiegi regeneracyjne nieco poprawiły jego parametry. Wydatki q w środkowym odcinku przed i po regeneracji były porównywalne. W wyniku prowadzenia płukania wysokociśnieniowego zaobserwowano kilka prawidłowości.

Renowacja nieco poprawiła parametry dolnego odcinka, jednak biorąc pod uwagę ilość dopływającej wody, odbyło się to kosztem odcinka środkowego (wskutek czego dopływy stały się nieco bardziej jednorodne, a rozkład wygładzony). Wydatki jednostkowe w środkowym odcinku przed i po regeneracji są jednak porównywalne.

Nie zaobserwowano jednoznacznej poprawy przepuszczalności filtra i strefy przyfiltrowej, niemniej przy kilkuletniej studni przed regeneracją filtr należy uznać za wciąż charakteryzujący się dobrymi parametrami przepustowości. W interwale 8,8-11,9 m możliwe jest występowanie kolmatanta (ochrowych produktów wytrąceniowych lub materiału drobnociągnistego) w obrębie obsypki i/lub w strefie przyotworowej. Nie obserwuje się jednak spadku zawartości tych składników w wyniku czyszczenia, co należy uwzględnić przy kolejnych pracach.

Po renowacji metodą wysokociśnieniową nie obserwuje się znaczących

zmian sumarycznej wydajności otworu oraz przepustowości filtra i strefy przyfiltrowej. Zmiana dotyczy rozkładu dopływów. W wyniku czyszczenia nie odnotowuje się również spadku ilości składników odpowiedzialnych za kolmatację. Obecnie ich zawartość nie ma znaczącego wpływu na wydajność otworu, zaleca się jednak ich monitoring.

Efekty pracy turbocleanera

Rozkład dopływów do filtra przed renowacją 80G był mocno niejednorodny (łączna ilość dopływającej wody powyżej poziomu ok. 11,2 m stanowiła ponad 95%) i nie zmieniła się znacząco wskutek zabiegów regeneracyjnych (wartości q w przeliczeniu na 1 m filtra przed i po regeneracji są porównywalne). W interwale poniżej ok. 11,2 m dopływy przed i po regeneracji są znikome, a poziom ten można określić jako hydrodynamicznie niemal nieaktywny.

W wyniku prowadzenia opisanych działań zaobserwowano, że zabiegi regeneracji nie miały znaczącego wpływu na krzywą rozkładu dopływów. Jednak obserwuje się poprawę przepuszczalności filtra i strefy przyfiltrowej na całym filtrowanym odcinku, a w interwale 8,6-12,1 m możliwa jest obecność kolmatanta w obrębie obsypki i/lub w strefie przyotworowej. Niemniej nie odnotowano spadku zawartości wymienionych składników w wyniku czyszczenia.

Nie zaobserwowano też zmian sumarycznej wydajności otworu oraz rozkładu dopływów po zabiegach regeneracyjnych. Stwierdzono natomiast poprawę przepustowości filtra i strefy przyfiltrowej. Nie doszło także do pogorszenia parametrów gęstościowych i porowatościowych obsypki oraz utworzenia się zasypu. W wyniku czyszczenia nie następuje jednak spadek zawartości składników, które są odpowiedzialne za kolmatację.

Z porównania rezultatów pompowań i geofizyki otworowej wynika, że pompowania pomiarowe bez stosowania pakerów zapewniają zgeneralizowany obraz rozmieszczenia stref kolmatacji i nie stwarzają możliwości poprawnego zaprojektowania czyszczenia, np. wskazania konieczności kilkukrotnego czyszczenia najsłabszych odcinków

Tab. 1. Efekty renowacji

Studnia	42G (chem.)	80G turbocleaner	90G wys. ciś.
$q1$ [$m^3/h/1mS$]	36,51	30,49	23,98
$q2$ [$m^3/h/1mS$]	33,26	33,26	28,8
$(q2/q1)*100$ [%]	92	109	120

Tab. 2. Sprawność studni po renowacji

Studnia	42G	80G	90G
$n1/n2$ [%]	92/99	100/99	91/92
$C1$ [h^2/m^2]	0,00000859	0,0000401	0,000145
$C2$ [h^2/m^2]	0,00000053	0,000056	0,000006772

filtra. W konsekwencji nie można też poprawnie odebrać prac od wykonawcy, a wadliwie zaprojektowana renowacja przynosi połowiczne efekty i skraca żywotność studni.

Najskuteczniejsze metody

Z analizy badań geofizycznych studni na terenie ujęcia w Bydgoszczy można wywnioskować, że studnie wciąż utrzymują wysoki stopień sprawności z okresu budowy, a renowacje przywracają je do poziomu 90-100% sprawności. We wszystkich studniach największa ilość wody dopływa z górnych odcinków filtrów, a dolne są mniej aktywne. W większości analizowanych studni obserwuje się tendencję do rozwoju procesów kolmatacyjnych w górnej i środkowej części filtra. Przypuszczalnie jest to podyktowane niejednorodnym rozkładem dopływów i większą ilością tlenu w tej strefie. W studni o jednorodnym dopływie procesy kolmatacji przebiegały równomiernie na całym odcinku czynnym.

Turbocleaner wraz z tłokowaniem zapewniają dobre rezultaty. W trzech z czterech zbadanych studni obserwuje się spadek zawartości składników, które są odpowiedzialne za kolmatację. Również w trzech z czterech studni zaobserwowano pewną poprawę przepuszczalności filtra i strefy przyfiltrowej

(w jednym wypadku 80G bardzo znacząco). Technika czyszczenia miała realny wpływ na rozkład dopływów.

Czyszczenie wysokociśnieniowe przy użyciu sprężcie i zastosowanym ciśnieniu przyniosło umiarkowane rezultaty. W dwóch z pięciu studni obserwuje się spadek zawartości składników, które określono jako odpowiedzialne za kolmatację. Tylko w jednej na pięć studni odnotowano znaczące poprawienie przepuszczalności filtra i strefy przyfiltrowej. Jednak dwie na pięć studni charakteryzowały się już przed czyszczeniem wysokimi parametrami przepuszczalności, tak więc efekt nie mógł zostać zaobserwowany, a w dwóch pozostałych czyszczenie nie spowodowało żadnych zmian. Technika ta miała pewien wpływ na rozkład dopływów, chociaż mniejszy niż w przypadku czyszczenia turbocleanerem. Należy zaznaczyć, że duże znaczenie mają: konstrukcja urządzeń do tego typu czyszczenia mechanicznego (w tym rozmieszczenie i ułożenie dysz względem ściany orurowania) oraz odpowiedni dobór ciśnienia.

Na podstawie tych informacji i wykonanych badań geofizycznych można wysnuć wniosek, że w analizowanych studniach czyszczenie z zastosowaniem turbocleanera z tłokowaniem przyniosło najlepsze rezultaty. Podsumowując, ocena efektu regeneracji studni głębinowych jest procesem

złożonym, bazującym na interpretacji wpływu szeregu czynników, takich jak konstrukcja otworu, wypełnienie przestrzeni pozarurowej (m.in. ocena obecności kolmatanta na podstawie badań porowatości, gęstości objętościowej i naturalnej promieniotwórczości obsypki), na analizie rozkładu dopływów wód do filtra oraz pomiarze przepustowości filtra i strefy przyfiltrowej. Niemniej właściwie wybrane i zaadaptowane metody geofizyki otworowej w połączeniu z inspekcją tv stanowią odpowiednie narzędzia do tego typu kontroli.

DR TOMASZ GÓRKA

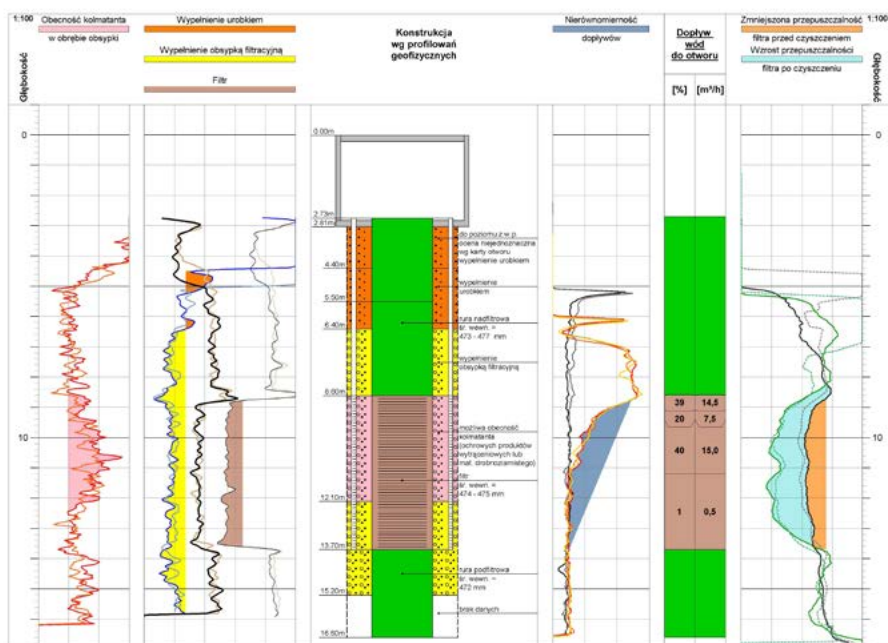
kierownik Oddziału
Blm – Storkow GmbH Sp. z o.o.
Oddział w Polsce

MARZENA BOROŃ

kierownik Działu Głównego Geologa
Miejskie Wodociągi i Kanalizacja
w Bydgoszczy Sp. z o.o.

ŹRÓDŁA

1. PN-G-02318:1994 – Studnie wiercone. Zasady projektowania, wykonania i odbioru.
2. Houben G., Treskatis C.: *Regenerierung und Sanierung von Brunnen, Oldenburg Industrieverlag*. München 2003.
3. Dąbrowski S., Przybyłek J.: *Metodyka próbnych pompowań w dokumentowaniu zasobów wód podziemnych*. Ministerstwo Środowiska. Warszawa 2005.
4. Górka T., Baumann K.: *Ocena zagrożeń wód podziemnych na podstawie kontrolnych pomiarów stanu technicznego otworów hydrogeologicznych przy wykorzystaniu metod geofizyki otworowej*. Biuletyn Państwowego Instytutu Geologicznego” 2013.
5. Boroń M., Doniecka D.: *Badania nad dobozem odczynnika do renowacji chemicznych studni na przykładzie ujęcia infiltracyjnego w Bydgoszczy*. Konferencja PZITS „Aktualne metody ujmowania i eksploatacji wód podziemnych” 2016.
6. Boroń M., Macuda J.: *Przegląd wybranych metod mechanicznych renowacji studni*. Konferencja PZITS „Aktualne metody ujmowania i eksploatacji wód podziemnych” 2016.
7. Górka T., Wąsowski M., Górka R.: *Wyniki interpretacji badań geofizycznych w studni głębinowej 90G na ujęciu wód podziemnych „Czyżkówko” w Bydgoszczy*. 2017 (niepublikowane).

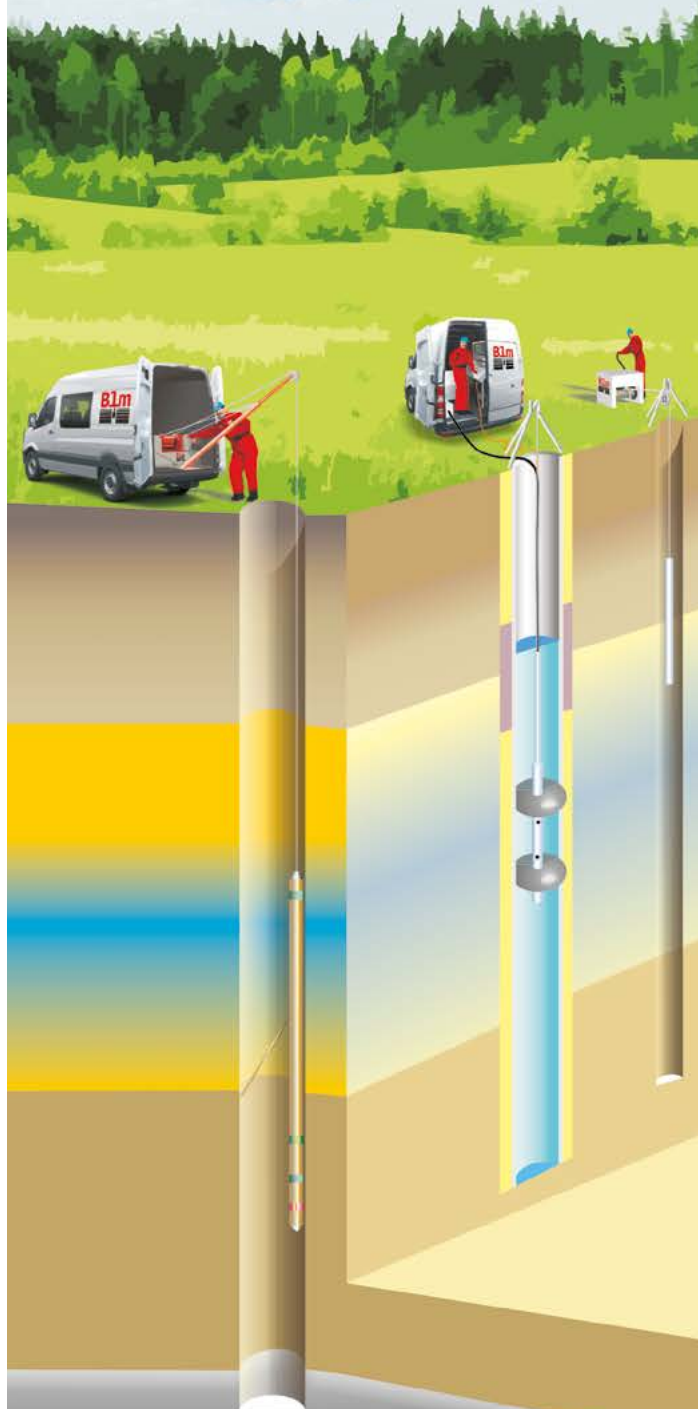


Zestawienie wybranych profiliowań geofizycznych w otworze studziennym 80G



Analiza stanu technicznego studni głębinowych

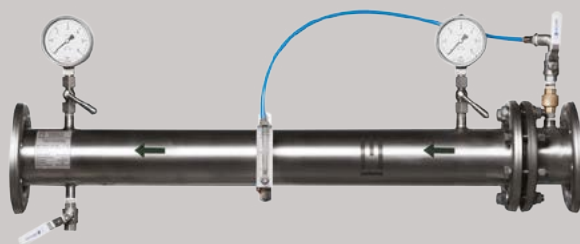
- Inspekcja telewizyjna
- Pomiar skorodowania kolumny rur osłonowych
- Ocena wypełnienia przestrzeni pozarurowej
- Ocena drożności otworu i szczelności złączy rurowych
- Badanie skuteczności korków ilowych i cementowych
- Ocena stanu obsypki żwirowej
- Analiza procesów kolmatacji
- Wyznaczenie rozkładu dopływów wody do filtra
- Ocena skuteczności zabiegów regeneracji studni
- Charakterystyka fizykochemiczna wody



Blm - Storkow GmbH Sp. z o.o.
 Oddział w Polsce
 ul. Kożuchowska 30
 65-364 Zielona Góra
 Tel.: 68 320 07 06
 geofizyka@blm-storkow.de



MIESZACZ WODNO-POWIETRZNY typu MET - R



ZASTOSOWANIE

Mieszacz wodno-powietrzny zapewnia efektywne zmieszanie cieczy z precyzyjnie dozowaną ilością powietrza lub innego medium płynnego bądź gazowego.

Zastosowanie mieszacza wodno-powietrznego w stacjach uzdatniania wody pozwala zrezygnować z dotychczas wykorzystywanych aeratorów filtrowych, których długotrwały okres eksploatacji bez czyszczenia (utrudnionego ich wewnętrznej konstrukcją) powodował proces zarastania i w konsekwencji mało efektywne natlenianie wody.

Mieszacz może być montowany bezpośrednio przed filtrami zastępując aerator lub szeregowo przed nim.

Istnieje możliwość zamówienia mieszacza wodno-powietrznego o różnych wymiarach i z różnymi wariantami wyposażenia.

www.metrolog.com.pl



Metrolog Sp. z o.o.
 ul. Kościuszki 97, 64-700 Czarnków
 tel. +48 67 255 34 39, faks +48 67 255 20 63
 metrolog@metrolog.com.pl



PORTAL
Komunalny.pl

... i jesteś
 w sercu branży



portalkomunalny
www.portalkomunalny.pl