

## Badania diagnostyczne wnętrza studni wierconych za pomocą inspekcji telewizyjnej na przykładzie doświadczeń z Łodzi i okolic

Wanda Piastka<sup>1</sup>, Ewa Styrkowiec<sup>1</sup>

**Video inspection in the diagnostic measurements of the interior of drilled wells – based on experiences from the city of Łódź and its surroundings.** Prz. Geol., 63: 992–996.

*Abstract: Maintaining the proper technical condition of drilled wells is essential to the rational utilisation of underground water supplies both from the environmental and economic perspective. This cannot be achieved without the diagnostic monitoring of underground water extraction equipment. Keeping track of the water wells' operational parameters is not sufficient, however. The ability to assess the technical condition of drilled wells quickly and easily is equally important, especially in cases of malfunctions and failures. Video inspection – one of the methods of well-hole diagnostics – allows to picture the technical condition of the structure, identify root causes of the malfunction and indirectly interpret the environment within the water well; all during the examination itself. It is a perfect tool to assist more traditional methods of monitoring the well's operational parameters. It can also serve to verify the quality and compliance of the structure of new water wells as well as to assess the condition of wells before they are made operational.*

**Keywords:** water wells inspection, diagnostics of wells, assessment of the technical condition of wells

Zachowanie urządzeń wodnych w dobrym stanie przekłada się na aspekty ekonomiczne wykorzystania wód podziemnych. Prawidłowa diagnostyka stanu technicznego studni wierconych jest istotnym elementem eksploatacji ujęć wód podziemnych, szczególnie w przypadkach, gdy są one podstawowymi urządzeniami całego systemu wodociągowego. Systematyczna diagnoza stanu technicznego studni pozwala na ustalenie właściwego sposobu eksploatacji, programu konserwacji studni (renowacji) oraz ustalenie techniczno-ekonomicznych kierunków wykonywania remontów studni (rekonstrukcji). Tradycyjne działania mające na celu określenie kondycji otworów studziennych wymagają dużego nakładu pracy i długotrwałych obserwacji. Wśród wielu obrazowych metod diagnozowania stanu technicznego studni, inspekcja telewizyjna jest szybkim, tanim i wyjątkowo skutecznym sposobem stwierdzania przydatności urządzeń wodnych do eksploatacji. System inspekcji telewizyjnej znacznie ułatwia rozpoznanie w sytuacjach awaryjnych oraz wspomaga wykonanie prac ratunkowych w otworach studziennych. Ponadto jest doskonałym narzędziem weryfikującym jakość wykonania nowych otworów studziennych.

### WARUNKI UJMOWANIA WÓD PODZIEMNYCH I RODZAJE KONSTRUKCJI STUDNI W REJONIE ŁODZI

Łódź jest położona w obrębie dwóch dużych struktur geologicznych – wału kujawsko-pomorskiego oraz niecki mogileńsko-łódzkiej. Budowa geologiczna i warunki hydrogeologiczne pozwalają na ujmowanie wód podziemnych z różnych poziomów wodonośnych. Główne piętra wodonośne występują w utworach piaszczystych i piaszczysto-żwirowych czwartorzędu, w spękanych wapieniach i marglach kredy górnej, piaskowcach kredy dolnej oraz osadach węglanowych jury. Podrzędnie ujmowane jest neogeńskie piętro wodonośne związane z nieciągłymi utworami piaszczystymi (Mikuła & Stępińska-Drygała, 2007).

Zakład Wodociągów i Kanalizacji Sp. z o.o. w Łodzi eksploatuje obecnie 50 ujęć wód podziemnych, zaopatrujących sieć wodociągową, zlokalizowanych na terenie miasta Łodzi i w okolicach, oraz 220 studni publicznych stanowiących ogólnodostępne ujęcia wód podziemnych na terenie miasta. Użytkowane studnie charakteryzują się różnymi rozwiązaniami technicznymi, adekwatnymi do ich głębokości, wieku otworów studziennych, ujętych poziomów wodonośnych i ich wydajności. Głębokość studni mieści się w przedziale 30–900 m i w zależności od lokalizacji ujmują poziomy wodonośne: czwartorzędu, neogenu (do głębokości ok. 130 m), kredy górnej (w przedziale głębokości 180–320 m, w rejonie Bronisławowa – ok. 40–150 m), kredy dolnej (300–900 m), jury górnej (ujęte w przelocie 70–200 m w rejonie Rokicin). Zastosowane rozwiązania techniczne zabudowy studni różnią się w zależności od ujętej warstwy wodonośnej i jej wykształcenia litologicznego (Gawriłko, 1961): filtry szkieletowe, otwory bosc (jura górna i kreda górna), filtry szczelinowe z obsypką (kreda dolna), filtry siatkowe z obsypką (czwartorzęd). Różnorodność konstrukcji uwarunkowana jest także wiekiem studni i sposobem ich wykonania, tj. dostępnymi technikami wiertniczymi w czasie ich wiercenia. Najstarsze studnie wykonano w latach trzydziestych ubiegłego wieku, a ostatnie w 2002 r. Średnica studni jest zróżnicowana i osiąga maksymalnie 600 mm, jest podyktowana głębokością wykonanych odwiertów oraz średnicą agregatów pompowych o wydajnościach w przedziale 50–380 m<sup>3</sup>/h (ZWiK Sp. z o.o., Dokumentacje...).

### CHARAKTERYSTYKA ZJAWISK I PROCESÓW WPŁYWAJĄCYCH NA POGORSZENIE PARAMETRÓW PRACUJĄCYCH STUDNI

#### Zjawiska i procesy zależne od środowiska gruntowo-wodnego

Korozja rur i filtrów, rozwija się głównie wskutek obecności wód zawierających agresywny CO<sub>2</sub>, jak również

<sup>1</sup> Zakład Wodociągów i Kanalizacji Sp. z o.o., Wydział Produkcji Wody Łódź, ul. Wierzbowa 52, 90-133 Łódź; wpiastka@zwik.lodz.pl, estyrkowiec@zwik.lodz.pl.

siarkowodór, związki humusowe i in. Korodowanie części filtrowej jest często spowodowane przez prądy wzbudzone, gdy w konstrukcji filtrów są zastosowane materiały z różnych metali. W przypadku rur okładzinowych najintensywniej procesy korozji zachodzą w strefie wahań lustra wody, pod wpływem obecności CO<sub>2</sub>, powietrza i wody, lub w strefach obudowujących warstwy wodonośne (korozja zewnętrzna rur) (Mizera i in., 2000).

Kolmatacja filtrów i szczelin jest to wypełnianie otworów filtrowych, szczelin dopływu oraz porów w obsypce i warstwie wodonośnej przez cząstki mineralne (tlenki i wodorotlenki żelaza, węglany, cząstki ilaste) lub organiczne (bakterie żelaziste, siarkowe). Kolmatacja zależna jest od stopnia zmineralizowania wód podziemnych oraz od warunków panujących w studni (zmiany stężenia CO<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>, itp.) (Mizera i in., 2000).

Zapiaszczanie to przenoszenie materiału o frakcji piaszczystej i mniejszej, w zależności od prędkości przepływu, do wnętrza studni, odkładania na filtrze i w strefie przotworowej (w obsypce i warstwie) lub przez układ pompowy do sieci wodociągowej. Drobnym materiałem może pochodzić z ujętej warstwy wodonośnej lub osadów nadkładu – piaszczenie przez perforacje w konstrukcji (Houben & Treskatis, 2004).

#### **Uwarunkowania techniczne studni**

Rozpoznanie warunków hydrogeologicznych pozwala na dobór właściwego sposobu eksploatacji. W celu zapewnienia prawidłowej pracy studni niezbędna dla użytkownika jest wiedza o rzeczywistej głębokości studni, prawidłowości ujęcia warstwy wodonośnej, usprawnienia dopływu wody do studni, a także odchyleniu od pionu otworu i centryczności obsadzenia kolumny filtrowej.

Wady konstrukcyjne studni, mogą powstawać na etapie wykonania studni oraz w trakcie eksploatacji i w sytuacjach awaryjnych. Nieszczelność konstrukcji (perforacje, niewłaściwie wykonana izolacja odcinków rur lub odcięcie poziomów wodonośnych) może skutkować mieszaniem się wód o różnym chemizmie i często jest źródłem piaszczenia studni.

Jakość materiałów i tempo ich zużycia w znacznym stopniu rzutują na żywotność studni. W zależności od rozpoznanych warunków hydrogeologicznych, właściwie dobrany rodzaj rur konstrukcyjnych zapewnia dobry stan otworu podczas eksploatacji i odporność na zjawiska i procesy korozyjne.

#### **Przyspieszenie procesów starzenia przez niewłaściwą eksploatację**

Przekraczanie parametrów eksploatacyjnych studni (wydajności i depresji) wiąże się ze zwiększeniem prędkości przepływu wody, w studniach piaszczących zachodzi wówczas zjawisko abrazji – mechanicznego niszczenia powierzchni rur i szczelin filtrowych. Zmniejszenie prędkości przepływu przez filtr powoduje wytrącanie związków mineralnych, a intensywna eksploatacja powodująca zwiększenie depresji (do odsłonięcia filtra) przyspiesza ten proces. Szybki rozruch agregatu pompowego również przyczynia się do gwałtownego obniżenia lustra wody oraz chwilowego zwiększania prędkości przepływu.

#### **INSPEKCJA TELEWIZYJNA JAKO STAŁY ELEMENT MONITORINGU**

Określanie stanu technicznego studni jest ograniczone przez jej uwarunkowania konstrukcyjne. Houben i Treskatis (2004) wyróżniają 3 rodzaje monitoringu technicznego studni: ilościowy, jakościowy i konstrukcyjny.

Podstawą dozoru technicznego studni jest bieżąca obserwacja parametrów pracy, czyli monitoring ilościowy. Obserwacji poddaje się parametry hydrogeologiczne (wydajność, wysokość lustra wody dynamicznego i statycznego) oraz parametry pracy agregatów pompowych (sprawność, energochłonność). Rejestrowanie danych w czasie pracy pozwala na interpretację sprawności zarówno studni, jak i urządzeń w niej pracujących, natomiast odchylenia tych parametrów, w odniesieniu do charakterystycznych wartości eksploatacyjnych każdej studni, dają informacje o nieprawidłowości jej pracy, dzięki czemu eksploatacja może odpowiednio wcześniej reagować. Analizując dane ilościowe, można również ocenić zaawansowanie procesów starzenia studni, co wpływa na ekonomiczne aspekty eksploatacji studni.

Monitoring jakościowy opiera się na analizach jakości wody, dając możliwość interpretacji zmian składu chemicznego w czasie eksploatacji (zmian naturalnych lub wywołanych zanieczyszczeniem wody). Częstotliwość i zakres wykonywanych analiz są uzależnione od rodzaju studni (ujęta warstwa wodonośna, regionalne warunki). Dane obrazują skład chemiczny wody i jej stan bakteriologiczny, ale także dostarczają informacji o stanie technicznym studni oraz warunkach środowiska w rejonie jej lokalizacji. Zmiany składu chemicznego dają przesłanki o uszkodzeniach (niszczelności) konstrukcji, przez które mogą przesączać się wody innych warstw wodonośnych o odmiennym chemizmie lub zmianach w warstwie wodonośnej.

Monitoring konstrukcyjny, pozwala ocenić stan studni przez metody optyczne – przegląd instalacji pracującej w studni (zanurzone rury tłoczne, agregaty pompowe) oraz inspekcję telewizyjną studni, która pozwala zwizualizować i bezpośrednio interpretować stan techniczny studni, a niekiedy wnioskować o warunkach w niej panujących.

Wdrażanie każdego z opisanych systemów nadzoru i wspólna interpretacja ich wyników jest podstawą zapewnienia ciągłości dostaw wody o dobrej jakości.

Łódzkie przedsiębiorstwo wodociągowe dzięki wieloletniej praktyce w eksploatacji ujęć wód podziemnych, przy dużym zróżnicowaniu konstrukcyjno-materiałowym, a przede wszystkim wieku studni i czasu ich użytkowania, wypracowało zasady eksploatacyjne pozwalające w łatwy i szybki sposób diagnozować nieprawidłowości w działaniu studni, by podejmować działania dążące do przywrócenia prawidłowej pracy ujęć. W ZWiK Sp. z o.o. są prowadzone przede wszystkim ciągłe obserwacje parametrów pracy studni i urządzeń w nich zainstalowanych, na bieżąco są wykonywane analizy jakości wody zgodnie z harmonogramem dla każdej studni (Jodłowski & Piątko, 2008).

Zdiagnozowanie niesprawności urządzeń zanurzonych w studni jest stosunkowo łatwe, gdyż po wynurzeniu można dokonać bezpośrednich oględzin sprzętu. W przypadku niesprawności konstrukcji otworu, ocena

stanu technicznego studni jest trudna, szczególnie podczas ciągłej eksploatacji.

Stałym elementem monitoringu stanu technicznego studni eksploatowanych przez łódzkie przedsiębiorstwo wodociągowe stał się zakupiony w marcu 2007 r. sprzęt do wykonywania inspekcji telewizyjnej, który jest również wykorzystywany do wykonywania przeglądów zleczanych przez zewnętrzne jednostki.

Posiadane urządzenia to uchylno-obrotowa, kolorowa kamera TV ze zintegrowanym nowoczesnym oświetleniem LED, ze sprzętem do jej zanurzania w otworze studziennym, sterowania i urządzeniami do zapisu przebiegu inspekcji. Cały system jest zamontowany na samochodzie umożliwiającym swobodny dojazd do każdej studni. Atutami posiadanego sprzętu są: możliwość wykonywania przeglądu otworów do głębokości 1000 m (najdłuższa przeprowadzona inspekcja 1005 m) oraz parametry ruchomej głowicy kamery, której kąt wychyłu wynosi  $\pm 90^\circ$ , kąt obserwacji  $\pm 150^\circ$ , a obrót odbywa się bez ograniczeń. Sterowanie pozwala na dokładną obserwację dowolnych stref otworu, z możliwością wykonania fotografii w wybranym momencie. Łódzki sprzęt pozwala na wykonanie inspekcji w otworach o średnicy powyżej 100 mm. Dla średnic powyżej 150 mm, w celu polepszenia jakości obserwacji kamerę wyposaża się w dodatkowe, demontowalne doświetlenie, w postaci konsoli zakładanej bezpośrednio na kamerę, które zapewnia bardzo dobrą jakość zarejestrowanego obrazu, a tym samym prawidłową interpretację stanu studni.

Zapis przeprowadzonej inspekcji odbywa się w formie graficznej prezentacji badanej studni – formularz studni z danymi i raport graficzny konstrukcji – wykonane w trakcie zdjęcia oraz statystykę wykonanych badań. Zarejestrowane obrazy archiwizowane są na nośnikach CD/DVD, dzięki czemu łatwo można porównywać stan poprzedni z istniejącym.

Wykonanie badania stanu technicznego studni na drodze inspekcji telewizyjnej wymaga przygotowania otworu przez demontaż urządzeń pompowych zanurzonych w studni. Do uzyskania dobrej jakości obserwacji konieczny jest czas postoju studni, co najmniej 24 h, w celu ustabilizowania zawiesiny w wodzie. Samo badanie polega na filmowaniu konstrukcji studni kamerą podczas systematycznego jej zanurzania w otworze. Czas wykonania badania nie ma ograniczeń, jest dostosowywany do szczególności prowadzonych obserwacji (możliwość zatrzymania się w dowolnym momencie, powrotu do poprzednich obserwacji, wykonanie dowolnej liczby zdjęć). Przed wykonaniem inspekcji niezbędne jest uwzględnienie prac kameralnych polegających na przeanalizowaniu posiadanej dokumentacji archiwalnej, danych z eksploatacji ujęcia, poprzednich filmów (o ile są dostępne), pod kątem przyczyny badania stanu technicznego.

Metoda określania stanu technicznego studni za pomocą inspekcji telewizyjnej ma pewne ograniczenia. Przede wszystkim ze względu na zbyt małe średnice otworów w stosunku do gabarytów kamery lub zmniejszenie prześwitu, gdy zatopione są przedmioty, nie pozwalające kontynuować przeglądu. W zależności od panujących warunków w otworze obserwacje mogą być znacznie utrudnione przy dużej mętności wody, a niekiedy nawet niemożliwe. Ponadto duża nieuchwytność niektórych zjawisk (np. piaszczenie studni) nie zawsze daje się zaobserwować. Inspekcja telewizyjna jest to metoda interpretacyjna, która nie

pozwala na ilościowe ujęcie obserwacji, jedynie w nielicznych przypadkach, gdy uda się znaleźć odniesienie (np. wielkość ziaren obsypki w stosunku do znanej wielkości szczelin).

## ZJAWISKA I PROCESY WYKRYWANE I DIAGNOZOWANE PRZEZ INSPEKCJĘ TELEWIZYJNĄ

### Zgodność konstrukcji z dokumentacją

Podczas badania w drodze inspekcji telewizyjnej weryfikacji poddaje się głębokość wykonanego otworu oraz głębokości posadowienia poszczególnych elementów konstrukcyjnych studni (rury obsadowe, kolumna filtrowa, odcinki filtra), zmiany średnic rur, w stosunku do poziomu odniesienia. Pierwsze badanie inspekcyjne każdej studni jest przede wszystkim oceną zgodności jej konstrukcji z projektem robót geologicznych oraz z dokumentacją po wykonawcą, zwłaszcza nowoodwierconych otworów studziennych. Inspekcja jest również prostą diagnostyką w celu uaktualnienia wiedzy o otworach odwierconych wcześniej, które nie mają dokumentacji wiertniczo-geologicznej. W przypadku „starych” otworów studziennych, po sfilmowaniu udaje się odtworzyć jej profil konstrukcyjny lub nawet po części litologiczny (np. w przypadku otworów niezarurowanych) (ZWiK sp. z o.o., Materiały...).

### Jakość wykonania studni i zastosowanych materiałów

Wyniki inspekcji telewizyjnej coraz częściej stają się podstawą odbioru wykonanych studni wierconych, co pośrednio przyczynia się do poprawy staranności wykonania otworów studziennych. Niejednokrotnie jest to skuteczne narzędzie do zobligowania wykonawcy wiercenia do wykonania naprawy studni – poprawy jakości wykonania robót (np. wykonanie dodatkowego pompowania usprawniającego przy niedostatecznie oczyszczonym filtrze, szlamowanie przy niedostatecznie usuniętym zasypie) lub „uprzątnięcia” z otworu zatopionych w nim przedmiotów, które mogłyby utrudniać eksploatację (zatopione rurki cementacyjne, ściski, klucze stanowiące przeszkodę w opuszczeniu pompy głębinowej, kamery). Badanie dostarcza również informacji o jakości i rodzaju materiałów zastosowanych do zabudowy otworu (jakość zastosowanych rur i ich rodzaj, długość odcinków rur) oraz o jakości wykonania samego otworu (centryczność kolumny, prawidłowość wykonania obsypki filtracyjnej itp.). W głębokich otworach udaje się również zaobserwować kolejne zmiany średnicy zarurowania, a także typ, jakość i stan uszczelnienia między rurami.

### Korozja rur konstrukcyjnych i filtrów

Wykonanie badania daje możliwość stwierdzenia stanu zarurowania w strefie nadwodnej, głównie zaawansowania procesów korozji rur okładzinowych, zwłaszcza w strefie wahań lustra wody, gdzie powierzchnia okresowo znajduje się w warunkach zanurzenia. Ponadto można ocenić szczelność konstrukcji górnej strefy zarurowania, która często jest narażona na kontakt płytkich wód z utworów czwartorzędowych, o niekorzystnym chemizmie, negatywnie wpływającym na odporność konstrukcji (korozja zew-

nętrzną prowadzącą do perforacji), jak również skutki mechanicznego niszczenia materiału wskutek piaszczenia (abrazja – ryc. 1).

Podobne obserwacje są prowadzone w strefie zanurzonej, jednakże produkty korozji wykazują nieco inne wykształcenie w zależności od warunków panujących w studni, chemizmu wody czy też materiału konstrukcyjnego.

### Kolmatacja

Wizualna ocena daje rozeznanie w rodzaju wykształconych osadów (osady mikrobiologiczne, wytrącone osady tlenków Fe). W trakcie badania ocenia się także prześwit otworu, który szczególnie w strefie wzmoczonego wytrącania tlenków żelaza może ulegać zmniejszeniu podczas przyrostu osadu wskutek procesów starzenia, niekiedy nawet ograniczając przepływ wody (ryc. 2). Optycznie można dokonać oceny stopnia drożności otworów filtra, w nowo odwierconych studniach po wykonaniu pompowania oczyszczającym (dostateczne doczyszczenie otworów po wierceniu) lub w otworach eksploatowanych ocenić stopień zakolmatowania części czynnej wskutek wytrącania związków chemicznych (tlenków żelaza, węglanów itd.). Wizualna ocena form osadowych obrazuje charakter kolmatacji – kolmatacja chemiczna lub biokolmatacja. Analiza miejscowego występowania osadów na filtrze pozwala interpretować także warunki dopływu wody do studni, który odbywa się w miejscach o zwiększonej ilości osadów. Z czasem, gdy strefy naturalnego dopływu ulegną zakolmatowaniu (na filtrze i w strefie okołofiltrowej), dopływ wody do otworu przesuwają się, a wytrącające się tlenki osadzają się w kolejnych częściach filtra – jest to przesłanką o stopniowym zniszczeniu studni.

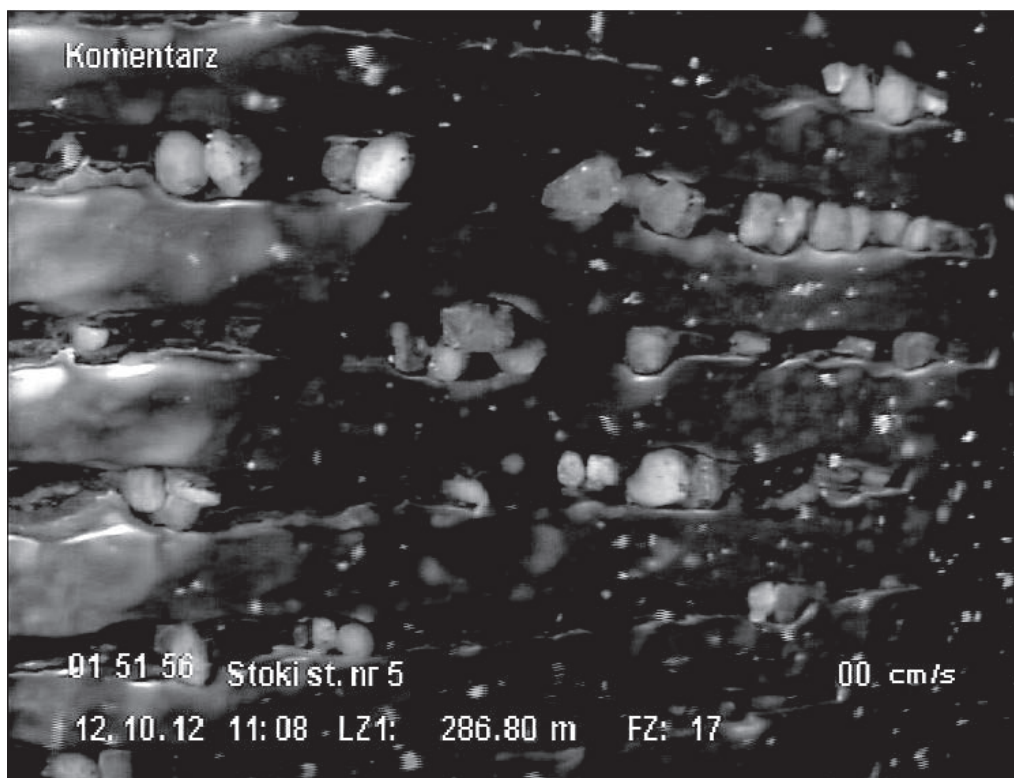
### Ocena tempa postępowania procesów i zjawisk

Kolejne inspekcje telewizyjne przeprowadzane w tym samym otworze dostarczają informacji o charakterze kontrolnym, w odniesieniu do poprzednich inspekcji. Regularnie wykonywane przeglądy konstrukcji dają rozeznanie odnośnie do tempa procesów starzenia studni, postępującej korozji materiałów lub powiększaniu nie szczelności konstrukcji. Systematyczny, okresowy przegląd wnętrza pracujących studni pozwala określić tempo przyrostu osadów w kolejnych latach, podczas cyklicznych ocen można porównywać stan poprzedni.

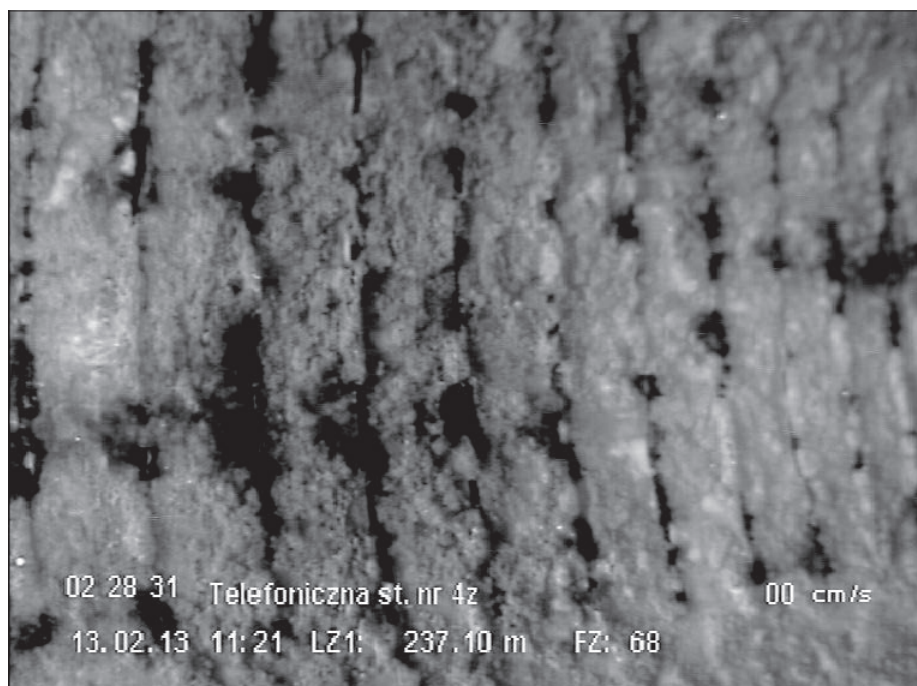
### Zjawiska awaryjne

System inspekcji telewizyjnej jest bardzo skutecznym narzędziem diagnozowania awarii stanu technicznego. W zależności od stwierdzonych problemów eksploatacyjnych – obniżanie lustra wody i spadek wydajności, pogorszenie jakości wody, awarie agregatów pompowych itp., wykonanie przeglądu studni pomaga stwierdzić przyczyny niesprawności i ocenić możliwości wyeliminowania usterek, zwłaszcza w przypadku nagłych awarii.

**Perforacje lub uszkodzenie konstrukcji.** W momencie stwierdzenia mechanicznego uszkodzenia pompy głębinowej, wskutek piaszczenia studni, za pomocą kamerowania istnieje możliwość identyfikacji przyczyny tego zjawiska, przez zlokalizowanie perforacji konstrukcji, uszkodzenia filtra (perforacje, niszczenie szczelin filtrowych w wyniku procesu abrazji), określenia wielkości zasypu studni. W przypadku zmian jakości wody możliwe jest wychwycenie miejsc dopływu wód z innych poziomów wodonośnych przez nie szczelności konstrukcji.



Ryc. 1. Mechaniczne uszkodzenia filtra (abrazja)  
Fig. 1. Mechanical damage of a well screen (abrasion)



Ryc. 2. Zakolmatowane szczeliny filtra  
Fig. 2. Colmatage of a well screen

**Identyfikacja zatopionych przedmiotów.** Wyniki badania są bardzo przydatne we wszelkich robotach ratunkowych i instrumentacyjnych, dzięki czemu znana jest głębokość na jakiej zatopione są przedmioty (kable, pompy, rury, ściski itp.) oraz ich ułożenie, identyfikacja, kształty itd. Dodatkowo, można wizualnie ocenić skutki uszkodzeń spowodowanych zatopieniem przedmiotów – czy została uszkodzona konstrukcja i w jakim stopniu. Bardzo istotny jest tu szczególnie przegląd miejsc niewralgicznych, np. zwężenie średnicy, gdzie zastosowane są uszczelnienia konstrukcji, zamki i gwinty w filtrach topionych.

Podczas 70-letniego funkcjonowania, łódzkie przedsiębiorstwo wodociągowe niejednokrotnie zetknęło się z problemami eksploatacyjnymi, skutkującymi pogorszeniem parametrów pracy studni, głównie obniżeniem wydajności eksploatacyjnej lub zwiększeniem depresji, piaszczeniem studni prowadzącym do uszkodzeń pomp głębinowych, jak również zmianami w składzie chemicznym wody (Jodłowski & Piąstka, 2008). W wielu przypadkach obserwacje parametrów eksploatacyjnych i jakości wody okazały się niewystarczające do pełnego określenia przyczyny wystąpienia zmian i sposobu ich rozwiązania. Wykorzystanie systemu inspekcji telewizyjnej studni pozwoliło w przeciągu 8 lat wykonać 381 inspekcji telewizyjnych. Ponad 30% (135) z nich dotyczyło studni użytkowanych przez ZWiK Sp. z o.o. Przeprowadzenie obserwacji dało rozpoznanie stanu technicznego 70 eksploatowanych studni – wodociągowych i publicznych. Na podstawie uzyskanych wyników:

- 17 studni zostało zakwalifikowanych do wykonania renowacji,
- w 10 studniach stwierdzono wady konstrukcyjne i perforacje,
- 8 studni wymaga rekonstrukcji,

- 13 studni przeznaczono do wyłączenia z eksploatacji.
- W pozostałych stwierdzono dobry stan techniczny i ich przydatność w eksploatacji.

## WNIOSKI

Rozpoznanie stanu technicznego studni wierconych jest dla użytkownika podstawą dobrej praktyki eksploatacyjnej. Tradycyjne metody monitoringu nie zawsze okazują się wystarczające do właściwej oceny kondycji otworu, dlatego rozwiązaniem jest rozszerzenie rozpoznania o inspekcję telewizyjną, która w szybki i prosty sposób daje możliwość zwizualizowania stanu technicznego studni i warunków w niej panujących, co pozwala na racjonalną eksploatację ujęć wód podziemnych.

## LITERATURA

- GAWRIŁKO W.M. 1961 – Filtry studzien ujęciowych, odwodnieniowych i hydrogeologicznych, Wyd. Geol., Warszawa.
- HOBEN G. & TRESKATIS CH. 2004 – Regeneracja studni, Ofic. Wydaw. Projprzem-EKO, Bydgoszcz.
- JODŁOWSKA A. & PIĄSTKA W. 2008 – Wykorzystanie współczesnych technik diagnostycznych w eksploatacji studni głębinowych łódzkiego systemu wodociągowego. *Ochrona Środowiska*, 30 (1).
- MIKUŁA E. & STĘPIŃSKA-DRYGAŁA I. 2007 – Łódź. [W:] Nowicki Z. (red.), *Wody podziemne miast wojewódzkich Polski*, Informator PSH, Warszawa, 109–128.
- MIZERA J., DESKA A. & MALINA G. 2000 – Zmiany parametrów hydrogeologicznych pod wpływem eksploatacji ujęć wód podziemnych w rejonie Częstochowy. *Problemy wykorzystania wód podziemnych w gospodarce komunalnej. Materiały na XIII sympozjum naukowo-techniczne Problemy eksploatacji wód podziemnych*. Częstochowa, 44–50.
- ZWiK SP. Z O.O., DOKUMENTACJE hydrogeologiczne ujęć wód podziemnych.
- ZWiK SP. Z O.O., MATERIAŁY Archiwalne z inspekcji telewizyjnych ujęć wód podziemnych.