

**MAGDA HUDAK\***

## **WPLYW RODZAJU GRUNTU NA WARUNKI EKSPLOATACJI WÓD PODZIEMNYCH**

### *Streszczenie*

*Przez sufozję rozumiemy wymywanie z podłoża gruntowego najdrobniejszych cząstek gruntu przez strumień wody gruntowej poruszającej się z określoną prędkością. Przemieszczenie ziaren gruntu, będące wynikiem sufozji, powoduje lokalne zwiększenie porowatości, co sprzyja zwiększeniu intensywności filtracji. W artykule podjęto próbę analizy możliwości powstawania zjawiska sufozji na terenie Centralnego Ujęcia Wody w Zawadzie k/Zielonej Góry.*

Słowa kluczowe: ujęcie wód podziemnych, sufozja, warunki gruntowe

### **Wstęp**

Trudności związane z pozyskaniem wody na cele bytowo-gospodarcze, z jakimi zmagają się wiele miast, wysunęły potrzebę przebadania czynników wpływających w zasadniczy sposób na spadek wydajności studni, a co za tym idzie – na czas pracy studni.

Wiadome jest, że wybór lokalizacji ujęcia wód podziemnych powinien być poprzedzony szerokimi badaniami hydrogeologicznymi. Nie tylko ze względu na wielkość poboru wody i jej jakość, ale także – na możliwości wieloletniej eksploatacji ujęcia.

### **Lokalizacja ujęcia**

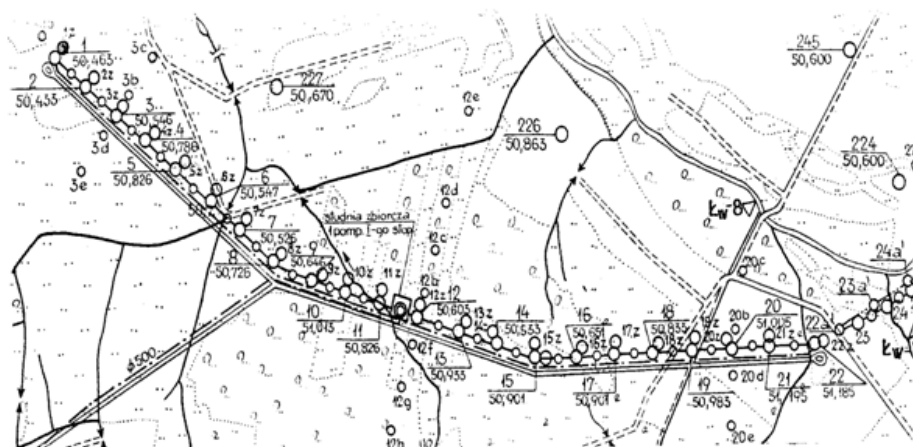
Teren przedmiotowego ujęcia znajduje się w zakolu rzeki Odry, na jej lewo-brzeżnej dolinie. Jest to teren położony około 8 km na wschód od Zielonej Góry, 2 km na wschód od m. Zawada i 4 km na północ od m. Jany. Obszar ujęcia

---

\* Uniwersytet Zielonogórski; Instytut Inżynierii Środowiska; Zakład Hydrologii i Geologii Stosowanej

ograniczony jest od północy i wschodu korytem rz. Odry, od południa – krawędzią doliny Odry biegnącą wzdłuż szosy Zawada – Jany, a od zachodu szosą Zielona Góra – Zawada – Cigacice. Jego względna wysokość nie przekracza 51 m n.p.m. Teren jest płaski, o minimalnych różnicach wzniesień, pocięty licznymi rowami oraz ciekami wodnymi, z których największy (o nazwie Zimna Woda) przepływa środkiem doliny Odry, na wschód od linii ujęcia. Całkowita szerokość doliny sięga 6km i obszar ten pozbawiony jest skupisk leśnych. Analizowany teren stanowi terasa zalewowa Odry o charakterze erozyjno-akumulacyjnym [Chrzan, Hudak 2000].

Pas ujęcia rozpoczyna się około 350 m na wschód od szosy Zielona Góra – Cigacice i rozciąga się w głąb doliny na odcinku o długości 4200 m.



Rys. 1. Plan sytuacyjny Centralnego Ujęcia Wody w Zawadzie [Kraiński 1993]

Fig. 1. Map of the Central Water Intake in Zawada [Kraiński 1993]

### Lokalizacja ujęcia

Uruchomienie Centralnego Ujęcia Wody w Zawadzie nastąpiło w maju 1966 r., kiedy do eksploatacji oddano 22 studnie, zlokalizowane w rozstawie co 100 m wzdłuż linii łamanej, w układzie lewarowym, o zmiennej średnicy (od  $\Phi 200$  do  $\Phi 400$ ) oraz 46 otworów obserwacyjnych. Ujęcie to, w zależności od potrzeb miasta, dawało do  $16.000 \text{ m}^3/\text{d}$ .

W roku 1970 nastąpił znaczny spadek wydajności ujęcia, dlatego też w roku 1971 odwiercono galerię studni zastępczych (Z). W marcu 1971 roku rozpoczęto wiercenia nowych studni. Zostały one zlokalizowane w odległości 6,6÷11,6m od istniejących otworów. Wyjątek stanowi studnia Nr 17, która została wykonana w obudowie starej studni. W roku 1971 wydajność ujęcia

wynosiła około 17.500 m<sup>3</sup>/d.

W roku 1975 wydajność ujęcia spadła do około 15.000 m<sup>3</sup>/d, a w roku 1977 – 7.500÷8.500 m<sup>3</sup>/d. W wyniku sześcioletniej eksploatacji wydajność poszczególnych studni spadła do 25÷95% wartości początkowej. W związku z tym, w roku 1977 przystąpiono do przebadania drożności filtrów. Prace te dały znikome efekty, bo wydajność wzrosła zaledwie o około 4000 m<sup>3</sup>/d. W związku z tym, w 1978 roku przystąpiono do odwiercenia trzeciej galerii studni. Wszystkie studnie III-ciej galerii zostały odwiercone w odległości 5÷8 m od istniejących otworów, jedną kolumną rur o średnicy 508 mm. Wyjątek stanowi otwór Nr 16Z', który odwiercono dwoma kolumnami rur – jedną kolumną o średnicy 508 mm do głębokości 16 m i drugą kolumną o średnicy 457 mm do głębokości 33 m. Głębokość odwiercanych otworów wahała się w granicach 19,5÷33,0 m i była ściśle związana z głębokością warstwy wodonośnej.

### Warunki geologiczne i hydrogeologiczne

Teren ujęcia budują utwory czwartorzędowe (holocen i plejstocen) zalegające na miąższych, miejscami znacznie zaburzonych glaciektonicznie, utworach trzeciorzędowych. Utwory trzeciorzędowe stanowią głównie ily miocenu z przerostami piasków, zwykle drobnoziarnistych, o niewielkiej miąższości oraz węgla brunatnych. Sporadycznie występują ily poznańskie – pliocen. Miąższość trzeciorzędu nie jest tu znana, przypuszczalnie wynosi około 300 m.

Czwartorzęd terenu ujęcia to głównie piaski plejstocenijskie różnoziarniste, od drobnych, poprzez średnioziarniste do grubych, często z domieszkami żwiru i otoczków skał północnych. Żwiry tworzą wkładki i przewarstwienia w piaskach. Poniżej warstw piaszczysto-żwirowych zalegają gliny zwałowe, utwory ilaste oraz przerosty piasków drobno- i średnioziarnistych, w formie wkładek i soczew wśród glin. Główna warstwa piaszczysta występuje zwykle bezpośrednio poniżej powierzchni terenu lub pod holocenem i posiada miąższość od kilkunastu do 25m. Utwory holocenu zalegają tuż przy powierzchni i tworzą je gleby mady oraz piaski drobne i średnioziarniste, a także utwory ilaste. Miąższość ich nie przekracza kilku metrów, a wzdłuż linii ujęcia w większości brak ich zupełnie. Miąższość całego czwartorzędu wynosi około 50 m.

Na omawianym terenie główną warstwę wodonośną stanowią piaski różnoziarniste, występujące prawie od powierzchni terenu. Miąższość ich waha się tu od około 16 do 25 m. Jest to warstwa dość dobrze wymyta i wysortowana. Zwierciadło wody gruntowej, o charakterze swobodnym, występuje płytko (na głębokości 0,5÷1,0 m p.p.t.). Zależy to od ukształtowania terenu. Warstwa wodonośna podścielona jest utworami nieprzepuszczalnymi lub słabo przepuszczalnymi, głównie glinami zwałowymi. Utwory te nie stanowią jednolicie wy-

kształconej warstwy, lecz charakteryzują się zmiennością w wykształceniu, tak w pionie jak i w poziomie. Wśród nich, na różnych głębokościach, występują przerosty lub wkładki, czy soczewki utworów piaszczystych, w których występująca woda stabilizuje się na głębokości tej samej, co woda zasadniczej warstwy wodonośnej. Świadczy to o łączności hydraulicznej pomiędzy wszystkimi utworami czwartorzędu. Wykonana, w otworach wiertniczych niwelacja zwierciadła wody, wykazała, że ogólny kierunek przepływu wód gruntowych przebiega równoległe do osi doliny, tj. z południowego wschodu na północny zachód [Chudowski 1962].

### Współczynniki filtracji wody w gruncie

Współczynniki filtracji „k” obliczono zarówno dla gruntów wokół studni galerii Z, jak i – galerii Z'. Obliczeń dokonano przy pomocy wzoru Dupuit'a dla warstw o swobodnym zwierciadle wody z jednym otworem obserwacyjnym, korzystając z następującej formuły:

$$k = \frac{0,733Q \lg \frac{x}{r}}{h_1^2 - h^2} \quad [\text{m/s}]$$

gdzie:

Q – wydajność uzyskana w czasie pompowania otworu [ $\text{m}^3/\text{h}$ ];

x – odległość otworu obserwacyjnego od otworu pompowanego [m];

r – promień studni wraz z obsypką [m];

$h_1$  – miąższość warstwy wodonośnej w rejonie otworu obserwacyjnego [m];

h – miąższość warstwy wodonośnej w rejonie otworu pompowanego-pomniejszona o wartość depresji [m].

### Analiza możliwości powstawania zjawiska sufozji

Zjawisko sufozji polega na przemieszczaniu drobnych cząsteczek gruntu w porach jego szkieletu przez filtrującą wodę. Zjawisko to następuje przy przekroczeniu  $i_{kr}$  dla danego rodzaju gruntu. Przemieszczenie ziaren gruntu, będące wynikiem sufozji, powoduje lokalne zwiększenie porowatości, co sprzyja zwiększeniu intensywności filtracji [Grabowski, Pisarczyk, Obrycki 1999].

Objawem sufozji jest, np.: zmętnienie wody w początkowym okresie szczyptywania jej ze studni. Opisany powyżej rodzaj sufozji nazywamy mechaniczną, w odróżnieniu od sufozji chemicznej, przy której cząstki gruntu, bądź skały są chemicznie rozpuszczalne i wymywane przez wodę.

W. S. Istomina podaje, że sufozja jest możliwa gdy:

- współczynnik filtracji  $k > 0,00025$  [m/s]
- wskaźnik nierównomierności uziarnienia:

$$U = \frac{d_{60}}{d_{10}} = 10 \div 20$$

- po przekroczeniu krytycznej, dla danego gruntu, wartości spadku hydraulicznego.

Dla przypadków wyznaczania warunków powstawania sufozji w gruntach krytyczne spadki bądź krytyczne prędkości przepływu wody można obliczyć, np. ze wzoru W. Sichardta [Kowalski 1998]:

$$v_{kr} = \frac{\sqrt{k}}{15} \text{ [m/s]}$$

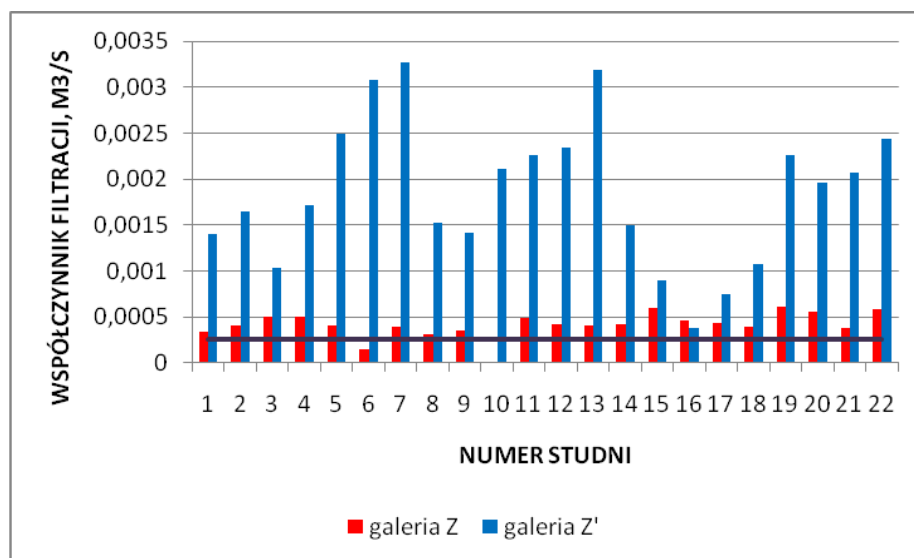
$$i_{kr} = \frac{1}{15\sqrt{k}}$$

Wartość spadku krytycznego równa jest w przybliżeniu 1, po przekroczeniu spadku krytycznego nastąpi:

- w pierwszym etapie – ruch pojedynczych cząstek gruntu (następuje wymywanie, sufozja),
- przy dalszym wzroście  $i_{kr}$  – upłynięcie całej masy gruntowej, czyli tzw. kurzawka, jako pewien szczególny stan gruntu, występujący najczęściej w gruntach pylasto-piaszczystych.

Na podstawie powyższych kryteriów powstawania sufozji gruntu stwierdzono, że:

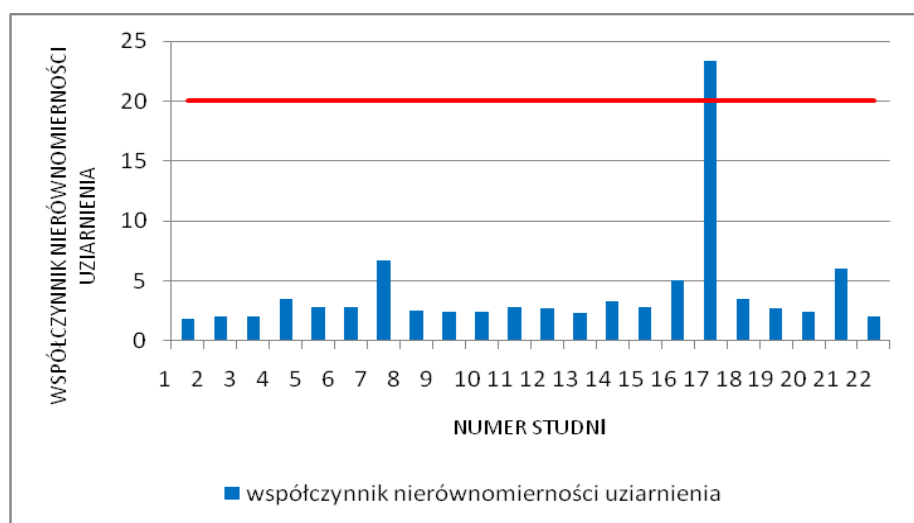
- współczynnik filtracji, gdy  $k > (0,002 \div 0,00025)$  [m/s]:
  - współczynnik filtracji dla galerii Z waha się w granicach od  $k=0,000144$ m/s - studnia Nr 6Z, do  $k=0,000611$ m/s - studnia Nr 19Z,
  - współczynnik filtracji dla galerii Z' waha się w granicach od  $k=0,00038$ m/s – studnia Nr 16Z', do  $k=0,00327$ m/s – studnia 7Z'.



Rys. 2. Współczynniki filtracji wody w gruncie w studniach galerii Z i Z'  
 Fig. 2. Water filtration coefficients in the ground in wells of gallery Z and Z'

Warunek ten został spełniony w studniach galerii Z', a także w studniach Z, wyjątek stanowi studnia Nr 6Z;

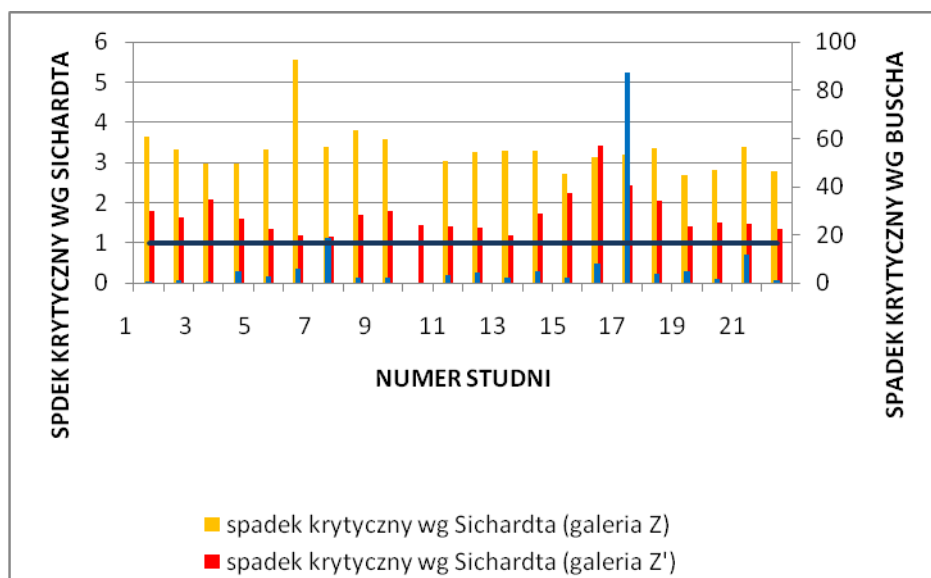
a). wskaźnik nierównomierności uziarnienia:



Rys. 3. Współczynniki nierównomierności uziarnienia gruntów występujących w poszczególnych studniach  
 Fig. 3. The coefficients of ground granulation inequality occurring in individual wells

Analizując rys. 3 można stwierdzić, że warunek ten nie został spełniony. We wszystkich studniach współczynnik nierównomierności uziarnienia jest mniejszy od 10, co oznacza, że grunt jest niesufozyjny. Jedynie w studni Nr 17 – jest większy od 20 i wynosi 23,33.

c) gdy przekroczy krytyczną, dla danego gruntu, wartość spadku hydraulicznego.



Rys. 3. Wartości krytyczne spadków hydraulicznych dla poszczególnych studni  
Fig. 3. Critical hydraulic falls values for the following wells

Przyjmując, że wartość spadku krytycznego równa jest w przybliżeniu 1, należy stwierdzić, że dla studni galerii Z spadki krytyczne, obliczone wg Sichardta, są większe i wahają się w granicach  $2,70 \div 5,55$  – rys. 3. Dla studni galerii Z' spadki te są mniejsze i zawierają się w granicach  $1,17 \div 3,42$ . Natomiast krytyczne spadki obliczone ze wzoru podanego przez Buscha i Lucknera wahają się w granicach  $0,75 \div 87,38$ . Wartość minimalną odnotowano w studni Nr 1Z, a maksymalną w studni Nr 17Z.

### Podsumowanie

Rozpatrując wyżej wymienione kryteria powstawania sufozji w gruncie można stwierdzić, że ze względu na:

- współczynnik filtracji - zjawisko to mogło występować; wyjątek stanowi grunt wokół studni Nr 7Z, Nr 17Z i Nr 21Z, gdzie spadek krytyczny znacznie przekroczył wartości graniczne;
- wskaźnik nierównomierności uziarnienia – zjawisko sufozji nie mogło występować, gdyż wartości wskaźników nierównomierności uziarnienia nie osiągały przewidywanej wartości;
- spadek krytyczny – w większości studni spadki krytyczne osiągają wartości większe od założonego.

Powyższa analiza kryteriów występowania sufozji nie pozwala w sposób całkowicie jednoznaczny wykluczyć możliwości powstawania tego zjawiska w omawianym gruncie. Ponadto, współczynniki filtracji wody w gruncie – wyznaczone tylko w miejscach odwierconych studni - nie dają pełnej charakterystyki hydrogeologicznej omawianego terenu. Taką charakterystykę mogą dać, np. współczynniki filtracji wody w gruncie, wyznaczone w odwiertach znajdujących się poza barierą studni, w strefie oddziaływania leja depresji.

### Literatura

1. BUSCH K.F., LUCKNER L.: *Geohydraulik* VEB Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie Leipzig 1972
2. CHRZAN T., HUDAK M.: *Historia ujęcia i skutki renowacji studni na Centralnym Ujęciu Wody w Zawadzie k. Zielonej Góry*. IV Międzynarodowa Konferencja „Zaopatrzenie w wodę, jakość i ochrona wód” Kraków 2000
3. CHUDOWSKI R.: *Projekt robót I etapu budowy ujęć wody dla m. Zielona Góra w Zawadzie k/Zielonej Góry*. 1962
4. GRABOWSKI Z., PISARCZYK S., OBRYCKI M.: *Fundamentowanie*. Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej Warszawa 1999
5. KOWALSKI J.: *Hydrogeologia z podstawami geologii*. Wrocław 1998
6. KRAIŃSKI A.: *Sprawozdanie z renowacji chemicznej studni Nr 6z' i 12z'*. 1993
7. Książki eksploatacyjne studni na Centralnym Ujęciu Wody w Zawadzie k./Zielonej Góry – galeria otworów Z' – 1978.



## **INFLUENCE THE KIND OF SOIL FOR CONDITION EXPLOI- TATION WATER UNDERGROUND**

**Key words:** water intake, suffusion, soil condition

### *S u m m a r y*

*This washing through stream of land water moving with definite speed from lands basis of the smallest particles of soil suffusion. The dislocation of primes grains causes local porosity enlargement. It favours then the enlargement the intensity of filtration. It the test of analysis of possibility formation of phenomenon in article was undertaken was sufozji on terrain of Central Water Intake in Zawada near Zielona Góra.*