

O GENEZIE ZASOLENIA WÓD PODZIEMNYCH W REJONIE GDAŃSKA

UKD 556.314:556.332.7:551.79(438.16-0)

Zasolenie wód podziemnych piętra czwartorzędowego w rejonie Gdańska obserwowano już od wielu lat. Liczne studnie ujmujące to piętro eksploatują wody, w których stężenie chlorków jako wskaźnika zasolenia, dochodzi do 4000 mg/dm³. Zbliżoną zawartość chlorków mają wody Zatoki Gdańskiej. Stały wzrost liczby studzien, w których zawartość chlorków przekracza normatywną ilość 300 mg/dm³ stwarza potrzebę bliższego zapoznania się z kierunkami przemieszczania się wód słonych w czwartorzędowym piętrze wodonośnym.

W pierwszym rzędzie należy rozpatrzyć podstawowe prawa rządzące równowagą wód podziemnych i morskich. W strefie brzegowej mamy do czynienia ze specyficznymi warunkami występowania wód podziemnych, wynikającymi z ich kontaktu ze słonymi wodami morskimi. Uwzględniając istnienie stałego dopływu wód podziemnych do morza H. Cooper (1) przedstawił schemat dynamicznego kontaktu wód morskich i podziemnych zobrazowany na ryc. 1. Widoczna na nim warstwa graniczna oddzielająca wody słodkie od słonych jest rezultatem rozmycia strefy kontaktu przez procesy dyfuzyjne i hydrodynamiczne. Położenie warstwy granicznej w warunkach statycznych określone zostało przez Ghybena – Herzberga. Zasadę tę wykorzystał O. Strack przy rozwiązywaniu równań równowagi dynamicznej wód morskich i podziemnych. Równowagę tę rozpatrywał on dla przypadku eksploatacji studni znajdującej się w niewielkiej odległości od linii brzegowej (ryc. 2). Stosując zasadę Ghybena – Herzberga zależność między rzędną warstwy granicznej, a rzędną zwierciadła wód podziemnych wyraził O. Strack następująco:

$$h_s = h_f \frac{\rho_s}{\rho_s - \rho_f}$$

gdzie:

ρ_s i ρ_f – odpowiednio gęstość wód słonych i słodkich,
 h_f i h_s – rzędne n.p.m. odpowiednio zwierciadła wody podziemnej i warstwy granicznej.

Z wzoru tego wynika, że im wyższa rzędna zwierciadła wody podziemnej h_f tym niższa jest rzędna, na jakiej

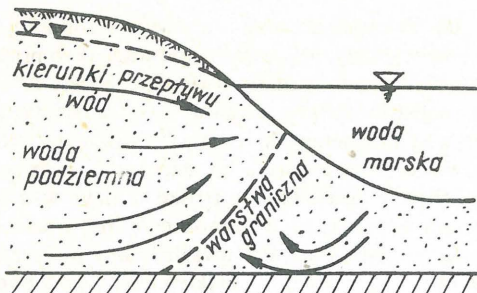
stwierdzona będzie warstwa graniczna. Tam, gdzie rzędna h_s będzie równa rzędnej spągu warstwy wodonośnej, występować będzie granica określająca najdalszy zasięg klina wód słonych – punkt s na ryc. 2.

Im większa jest miąższość warstwy wodonośnej, tym wyższa musi być rzędna zwierciadła wód podziemnych.

Eksploatacja studni spowoduje rozwój leja depresji również w kierunku morza, a więc między linią brzegową a studnią obniżone zostanie zwierciadło wód podziemnych. Zasięg leja depresji oznaczono na ryc. 2 literą M . Równowaga dynamiczna wód słonych i słodkich, a zatem stałość położenia warstwy granicznej będzie zachowana do chwili, gdy punkt s znajdzie się na osi pionowej przechodzącej przez punkt M . Przesunięcie tej osi w kierunku lądu doprowadzi do stałego przemieszczania się klina wód słonych w kierunku studni. Stosując powyższy wzór można określić, jaka musi być minimalna rzędna zwierciadła wody h w punkcie M , aby wartość h odpowiadała rzędnej spągu warstwy wodonośnej, a tym samym wyznaczała położenie punktu s . Nie zachowanie tego warunku prowadzić będzie do stałego przepływu wód od strony morza w kierunku studni czy ujęcia wód podziemnych. W takim przypadku nie mają już zastosowania prawa równowagi dynamicznej wód słonych i słodkich. Ruch wód morskich w warstwie wodonośnej odbywać się będzie według prawa migracji dwu cieczy o różnych właściwościach fizycznych w ośrodku porowatym. Będą tu miały zastosowanie prawa konwekcyjnego przepływu zanieczyszczeń w warstwie wodonośnej, z uwzględnieniem zjawisk związanych z dyspersją hydrodynamiczną.

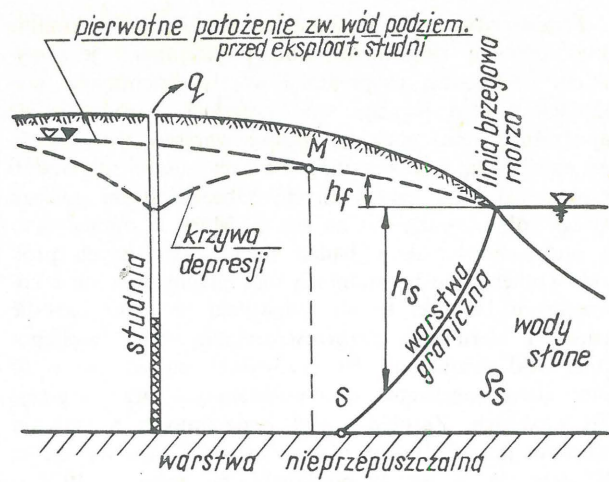
W świetle opisanych warunków należy rozpatrzyć ukształtowanie spągu czwartorzędowej warstwy wodonośnej, a także aktualną dynamiczną powierzchnię zwierciadła wód podziemnych. Charakterystykę tych zagadnień oparto na wynikach wierceń ponad tysiąca otworów wykonanych w rejonie Gdańska.

Mapę spągu warstwy wodonośnej przedstawiono na ryc. 3. Wskazuje ona na istnienie formy pradolinnej, ukierunkowanej południkowo. W osi tej formy rzędne spągu warstwy wynoszą od około 60,0 do 80,0 m n.p.m.



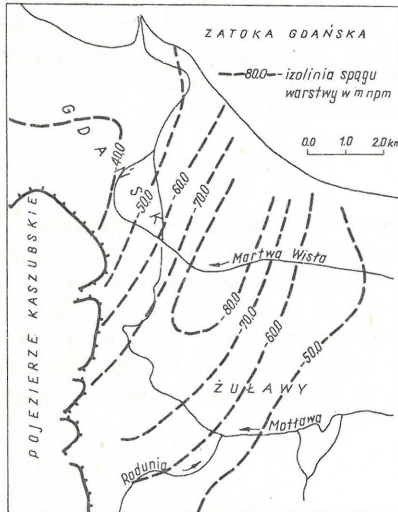
Ryc. 1. Schemat dynamicznego kontaktu wód morskich i podziemnych, według H.H. Coopera (1).

Fig. 1. Scheme of dynamic contact of marine and groundwater after H.H. Cooper (1).



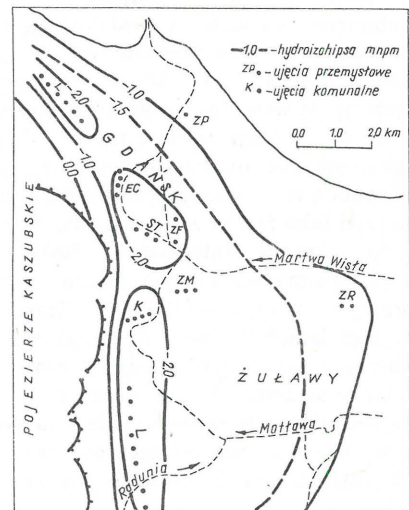
Ryc. 2. Schemat O. Stracka do określenia warunków eksploatacji studni w pobliżu linii brzegowej morza.

Fig. 2. O. Strack's scheme for establishing conditions of exploitation of well in the proximity of seashore.



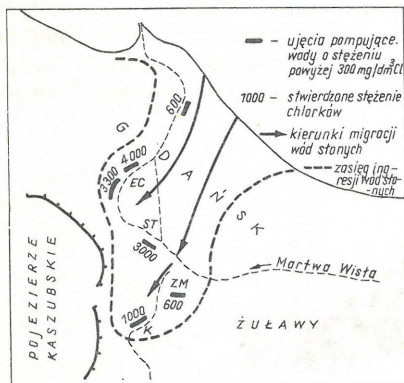
Ryc. 3. Schematyczna mapa spągu czwartorzędowej warstwy wodonośnej.

Fig. 3. Sketch map of the base of Quaternary aquifer.



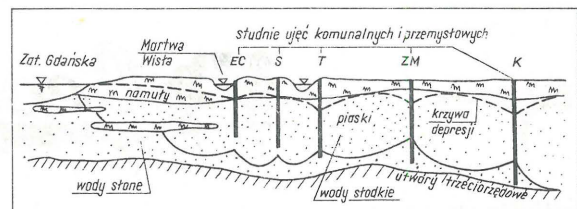
Ryc. 4. Schematyczna mapa hydroizohips piętra czwartorzędowego.

Fig. 4. Sketch map of hydroisohyps for the Quaternary stage.



Ryc. 5. Schemat zasięgu ingresji w rejonie Gdańska.

Fig. 5. Scheme of extent of ingression in the Gdańsk area.



Ryc. 6. Schemat genezy zasolenia wód piętra czwartorzędowego w rejonie Gdańska.

Fig. 6. Scheme of origin of water salinity in the Quaternary aquifer in the Gdańsk region.

Na obszarze objętym mapą znajdują się liczne komunalne i przemysłowe ujęcia wód podziemnych, eksploatujące czwartorzędową warstwę wodonośną. Lokalizację najważniejszych z nich podano na ryc. 4. Łączna ich wydajność sięga 4000 m³/h. Pobór tak dużej ilości wód podziemnych skoncentrowany na niewielkim obszarze spowodował znaczne przekształcenie naturalnych warunków przepływu wód podziemnych. Wytworzony został lej depresji o powierzchni ponad 200 km².

Mapa hydroizohips dynamicznego zwierciadła wody piętra czwartorzędowego (ryc. 4) wskazuje, że w strefie między ujęciami a linią brzegową Zatoki Gdańskiej rzędne zwierciadła wody układają się poniżej powierzchni morza. Na obszarze tym trzeba już zatem rozpatrywać migrację słonych wód morskich w głąb lądu.

Proces wytwarzania regionalnego leja depresji i aktualne ukształtowanie zwierciadła wód podziemnych jest wynikiem wieloletniej eksploatacji wód podziemnych. Wynikająca z tego ingresja wód morskich rozpoczęła się najwcześniej tam, gdzie miąższość warstwy wodonośnej jest największa, a także tam, gdzie najwcześniej rozpoczęto eksploatację wód podziemnych. Obecna strefa zasięgu ingresji zobrazowana jest na ryc. 5. Mapę tę opracowano na podstawie wyników badań fizyko-chemicznych prób wody pobieranych w studniach ujęć przemysłowych i komunalnych. Wyniki te nie pozwalają w pełni określić zasięgu i kierunków rozprzestrzeniania strefy występowania wód zasolonych. Są one jednak wystarczające do oceny stanu zagrożenia wód podziemnych przez ingresję wód morskich. Zasolenie wód podziemnych o stężeniu chlorków ponad 1000,0 mg/dm³ stwierdzono na ujęciu „K” (ryc. 5). Należy tu podkreślić, że jeszcze w 1976 r. nie przekraczało ono 500,0 mg/dm³. Tak więc w ciągu zaledwie dwu lat zawartość chlorków wzrosła dwukrotnie. Podobną sytuację można stwierdzić na północ od ujęcia „K” (ryc. 5).

Należy tu zauważyć, że strefa największych stężeń chlorków pokrywa się w dużym stopniu ze strefą o największych miąższościach warstwy wodonośnej, a także ze strefą koncentracji ujęć wód podziemnych. W oparciu o scharakteryzowany schemat O. Stracka oraz wyniki dotychczasowych badań wód piętra czwartorzędowego można przedstawić zasięg ingresji wód morskich w przekroju hydrogeologicznym (ryc. 6). Ilustruje on przyjętą najbardziej prawdopodobną koncepcję wskazującą na wody Zatoki Gdańskiej jako źródła zasolenia wód podziemnych piętra czwartorzędowego. Intensywną eksploatacją ujęć, prowadząc do przemieszczania się frontu wód słonych powoduje przy tym rozmazanie granicy zasolenia. Wykonywane w kolejnych latach studnie, i to niezależnie od czasu ich uruchomienia, mogą tworzyć złożony system funkcjonujący na zasadzie wzajemnych barier ochronnych. Trzeba tu także uwzględnić fakt, że przemieszczanie wód słonych ma głównie miejsce w spągowych partiach warstwy wodonośnej. Zasięg ingresji może być zatem szerszy od już obserwowanego.

Zaprezentowany obraz mimo wykorzystania wszelkich materiałów ma charakter orientacyjny. Stanowi on jednak pierwszą próbę szerszego ujęcia problemu ingresji wód

słonnych do czwartorzędowej warstwy wodonośnej i jest dostatecznie wyraźny, aby wskazać na wagę tego problemu. Można z całym przekonaniem stwierdzić, że jest to obecnie jedno z najistotniejszych zagadnień w wykorzystaniu i ochronie wód podziemnych rejonu Gdańska. Jest również pewne, że z czasem nabierze on większego znaczenia niż budzący obecnie uzasadnioną troskę deficyt w zasilaniu czwartorzędowego piętra wodonośnego. Już obecnie fakt ingresji wód słonych musi być uwzględniany we wszystkich poczynaniach związanych z użytkowaniem wód podziemnych.

L I T E R A T U R A

1. C o o p e r H. — A Hypothesis Concerning the Dynamic Balance of Fresh Water and Salt Water in a Coastal Aquifer. Journ. Geophys. Research 1959 no 4.
2. S t r a c k O. — A Single Potential Solution for Regional Interface Problems in Coastal Aquifers, Water Resources Research 1976 vol. 12.

S U M M A R Y

The salinity of groundwater in Quaternary aquifer in the Gdańsk region has been known for several years. A steady increase in concentration of chlorides may result in degradation of ground which would preclude its use for urban and industrial purposes. The development and migration of saline water front are discussed and seawater is shown to be the source of salinity of groundwater in this region.

Р Е З Ю М Е

Засоление подземных вод четвертичного яруса в районе Гданска наблюдается уже много лет. Постоянное увеличение концентрации хлоридов может вызвать деградацию подземных вод, исключая возможность их использования для питьевых и хозяйственных целей. В статье представлен процесс формирования и перемещения фронта соленых вод, а также указана роль морских вод как источника засоления подземных вод.