

DYNAMIKA STANU RETENCJI PŁYTKICH WÓD PODZIEMNYCH W HYDROGEOLOGICZNYCH JEDNOSTKACH BILANSOWYCH

DYNAMICS OF THE SHALLOW GROUNDWATER RETENTION IN THE HYDROGEOLOGICAL UNITS

PIOTR HERBICH¹, JAN PRAŻAK², ELŻBIETA PRZYTUŁA¹

Abstrakt. W artykule przedstawiono aspekty metodyczne oceny zmian stanu retencji płytkich wód podziemnych, stanowiącej podstawę do ustalenia wieloletniej zmienności dostępnych do zagospodarowania zasobów wód podziemnych. Analizą objęto wyniki wieloletniego (1951–2007) monitoringu płytkich wód podziemnych, prowadzonego przez Państwowy Instytut Geologiczny i Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej. Badania dynamiki stanu retencji płytkich wód podziemnych, jako wskaźnika okresowych zmian infiltracji efektywnej opadów, wykorzystano do identyfikacji cyklicznie powtarzających się lat posusznych o niskiej odnawialności zasobów wód podziemnych w stosunku do wartości średnich wieloletnich. Są one podstawą do ustalania tzw. gwarantowanych zasobów wód podziemnych dostępnych do zagospodarowania.

Słowa kluczowe: wody podziemne, retencja, wahania zwierciadła wód podziemnych, cykliczność, trend.

Abstract. The paper presents a method to assess the variability of the shallow groundwater retention which allows for the determination of the long term variability of the accessible groundwater resources. The long term (1951–2007) data from the shallow groundwater monitoring was analysed. This monitoring is run by the Polish Geological Institute and the Institute of Meteorology and Water Management. The investigation of the shallow groundwater retention dynamics was used to identify the cyclic occurrence of dry years with low renewability of groundwater resources as compared to the long term average. This enabled to determine so called guaranteed groundwater resources accessible for the development.

Key words: groundwater, retention, groundwater table fluctuation, periodicity, trend.

WSTĘP

Badania dynamiki stanu retencji płytkich wód podziemnych stanowią element prac nad rozpoznaniem wieloletnich zmian dostępnych do zagospodarowania zasobów wód podziemnych. Prace te prowadzone są od 2007 r. w Państwowym Instytucie Geologicznym jako zadanie państwowej służby hydrogeologicznej, finansowane ze środków wypłacanych przez NFOŚiGW (Herbich, 2008; Przytuła i in., 2008). Badania dynamiki stanu retencji płytkich wód

podziemnych – jako wskaźnika okresowych zmian infiltracji efektywnej opadów – są wykorzystywane do identyfikacji cyklicznie powtarzających się lat posusznych o niskiej odnawialności zasobów wód podziemnych w stosunku do wartości średnich wieloletnich. Są one podstawą do ustalania tzw. gwarantowanych zasobów wód podziemnych dostępnych do zagospodarowania, zapewniających zachowanie przepływu nienaruszalnego rzek w latach posusznych, bez szcze-

¹ Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy, ul. Rakowiecka 4, 00-975 Warszawa; e-mail: piotr.herbich.pgi.gov.pl; elzbieta.przytula@pgi.gov.pl

² Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy, Oddział Świętokrzyski, ul. Zgoda 21, 25-953 Kielce; e-mail: jan.prazak@pgi.gov.pl

gółowego określania warunków korzystania z wód zlewni bilansowej (Herbich, 2002).

W ramach realizacji etapów rozpoznania hydrogeologicznego elementów niezbędnych do przeprowadzenia bilansów wodnogospodarczych w latach 2006–2007 została dokonana przez PIG, jako głównego wykonawcę, rejonizacja hydrogeologiczna obejmująca obszar całego kraju, w wyniku której zostały wydzielone 641 rejonów wodnogospodarcze wód podziemnych (po korekcie 645) w obrębie 101

obszarów bilansowych w regionach wodnych administrowanych przez 7 regionalnych zarządów gospodarki wodnej (RZGW). Rejony wodnogospodarcze (rwg) są podstawowymi jednostkami hydrogeologicznymi, ustanowionymi dla przeprowadzania bilansu wodnogospodarczego wód podziemnych i jego systematycznej kontroli oraz dla ustalania wpływu stanu zagospodarowania wód podziemnych na zasoby wód powierzchniowych (Herbich i in., 2007).

ANALIZA WYNIKÓW

Analizą objęto wieloletnie wyniki monitoringu płytkich wód podziemnych, prowadzonego w sieciach obserwacyjno-badawczych PIG i IMiGW. Pominięto punkty o zbyt krótkich ciągach obserwacyjnych oraz te, które wykazywały brak cykliczności zmian stanów retencji lub dominujący wpływ czynników antropogenicznych, takich jak intensywna eksploatacja ujęć wód podziemnych czy odwodnienia górnicze.

Analiza dynamiki zwierciadła wody w posterunkach obserwacyjnych wód podziemnych obejmowała następujące etapy prac:

- wybór punktów obserwacyjnych i sporządzenie wykresów wahań zwierciadła wody (źródło: baza danych stanów wód gruntowych IMiGW – OTKZ <http://www.imgw.pl>; Roczniki hydrogeologiczne PSH, PIG; Platforma PSH – baza Monitoring Wód Podziemnych <http://www.pgi.gov.pl>);
- ustalenie hydrodynamicznego położenia punktu i warunków hydrogeologicznych w ujętej warstwie (Mapa hydrogeologiczna Polski w skali 1:50 000, PIG);
- ustalenie średnich oraz minimalnych i maksymalnych sezonowych i rocznych stanów zwierciadła wody i amplitudy stanów ekstremalnych;
- ustalenie dominującego typu cykliczności zmian stanu retencji wód podziemnych, rejestrowanego w danym posterunku obserwacyjnym (cykli zmian krótko-, średnio- i długoterminowych, nawiązujących do okresów cykliczności hydrologicznej);
- identyfikacja czasu wystąpienia cykli krótko-, średnio- i długoterminowych o najniższym średnim stanie retencji wód podziemnych;
- ustalenie punktów obserwacyjnych, reprezentatywnych dla charakterystyki naturalnych zmian stanu retencji wód podziemnych wyróżnionych typów hydrodynamicznych zlewniowych systemów krążenia.

Charakterystyka dynamiki stanu retencji wód podziemnych strefy aktywnej wymiany jest podstawą do ustalenia wieloletniej zmienności dostępnych do zagospodarowania zasobów wód podziemnych. Metodę badań dynamiki stanu retencji opracowano wykorzystując wyniki monitoringu wód podziemnych PIG (MWP, dawniej SOH) i IMiGW (Herbich, 2008).

Do analizy wytypowano posterunki obserwacyjne znajdujące się poza zasięgiem istotnego oddziaływania czynników antropogenicznych, ujmujące płytkie poziomy wodonośne o zwierciadle swobodnym, zasilane infiltracją wód opadowych poprzez strefę aeracji zbudowaną z utworów przepuszczalnych. Takie poziomy wodonośne reagują z niewielkim opóźnieniem czasowym na tzw. skuteczny opad atmosferyczny (pomniejszony o bieżące straty na ewapotranspirację), który okresowo uzupełniając niedobory wilgotności w strefie aeracji, zgodnie z tłokowym schematem przepływu, wypiera zgromadzone w niej wody i dociera do strefy saturacji. Czas opóźnienia reakcji zwierciadła na opad atmosferyczny jest zatem krótszy od średniego czasu migracji wód opadowych przez strefę aeracji, proporcjonalnie do stosunku jednostkowej objętości infiltracji efektywnej do jednostkowej objętości wód tu zgromadzonych.

Sezonowa, roczna i wieloletnia zmienność natężenia infiltracji opadów atmosferycznych powoduje odpowiednią cykliczność zmian stanów retencji wód podziemnych. Analiza wykresów wahań stanu zwierciadła wód podziemnych wykazuje opóźnienie czasowe reakcji płytkich wód podziemnych nieprzekraczające okresu półrocza (Nowakowski i in., 2008, Przytuła i in., 2008) oraz zależność dynamiki zmian stanów retencji wód podziemnych od czasowej zmienności infiltracji opadów, położenia w strefie hydrodynamicznej wód podziemnych oraz od właściwości hydrogeologicznych – wodoprzewodności i pojemności utworów na drodze ich przepływu.

W obszarach zasilania związanych z wododziałowymi (wysoczyznowymi) terenami zlewni rzecznych dominującym czynnikiem jest infiltracja opadów. W obszarach dolinnych czynnikiem dodatkowym jest chwilowy stan wód powierzchniowych jako bazy drenażowej dla strumienia wód podziemnych. W strefach przepływu (stokowych) równoważnym lub dominującym czynnikiem kształtowania dynamiki stanów retencji jest natężenie dopływu z obszarów zasilania.

Czynniki hydrogeologiczne klasyfikują środowisko przepływu wód podziemnych na porowe oraz szczelinowe i szczelinowo-krasowe, charakteryzujące się – odpowiednio – niską i wysoką piezoprzewodnością, kształtując rzeczywistą prędkość przepływu i prędkość przenoszenia zmian ciśnienia.

W wyniku przeprowadzonej analizy określono trend oraz cykle zmian położenia zwierciadła w posterunkach obserwacyjnych, stwierdzając dominujący wpływ okresowych zmian infiltracji efektywnej opadów atmosferycznych na dynamikę stanów retencji płytkich wód podziemnych.

Analizą objęto 331 punktów, w tym 138 otworów obserwacyjno-badawczych monitoringu wód podziemnych PIG i 193 posterunki wód gruntowych IMiGW (fig. 1). Sporządzono szczegółową charakterystykę hydrogeologiczno-hydrodynamiczną każdego punktu oraz opracowano wykresy zmian średnich rocznych i półrocznych stanów reten-

cji nad umowny poziom odniesienia. W celu porównania zmian stanu retencji w poszczególnych punktach sporządzono zestawienie tabelaryczne wszystkich punktów (Excel), przyporządkowując je do regionów wodnych i wydzielonych w nich obszarów bilansowych (Herbich i in., 2003). W skali czasowej zaznaczono ciągi obserwacyjne punktów i zaznaczając się w nich cykle zmian stanu retencji. Jako wskaźniki wyodrębniające poszczególne cykle przyjęto rozstęp pomiędzy dwoma maksymalnymi stanami zwierciadła wód (max-max) oraz ustalono okresy niżówkowe i czas ich występowania (fig. 2).

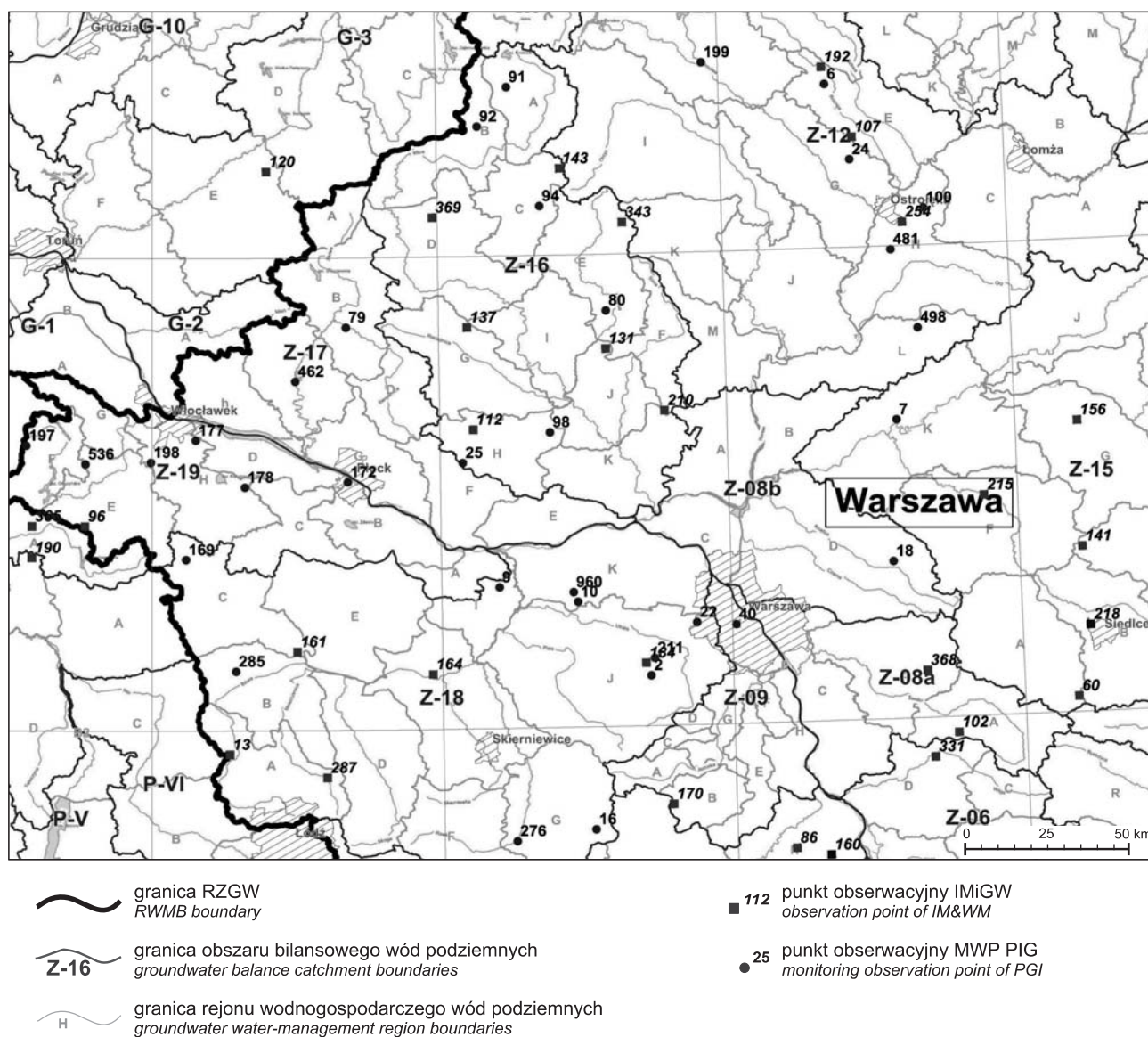


Fig. 1. Lokalizacja reprezentatywnych punktów obserwacyjnych wód podziemnych w hydrogeologicznych jednostkach bilansowych

Location of groundwater observation points – representative for the hydrogeological unit



Fig. 2. Cykle zmian stanu retencji na tle średnich rocznych wahań zwierciadła wód podziemnych (punkt obserwacyjny IMiGW nr 112)

Periods of retention changes against the background of annual groundwater table fluctuations (observation point No 112 of IM&WM)

DYSKUSJA WYNIKÓW

CYKLE ZMIAN STANU RETENCJI

Wyróżnienie długoterminowych cykli okazało się problematyczne. Przede wszystkim ciągi pomiarowe w punktach MWP PIG mają niekiedy zbyt krótki okres obserwacji (przeważnie 15–20-letni), który nie jest w pełni wiarygodny w ocenie tendencji zmian stanów retencji w wieloleciu, zaś pomiary w punktach IMiGW zostały zakończone w 2000 r.

W poszczególnych obszarach bilansowych obserwuje się różnej długości cykle zmian stanu retencji. Dominują cykle kilkunastoletnie i dwudziestokilkuletnie. Korelacja zmian stanu retencji w obszarach bilansowych pozwoliła na wyznaczenie od 2–3 do 5–6 cykli, przy czym za główne uznano 4 cykle – oznaczono je jako A, B, C, D, traktując pozostałe (występujące rzadziej, a w niektórych obszarach bilansowych sporadycznie) jako podcykle B1, B2, D1, D2. Cykl A, a właściwie jego koniec, przypada na lata 1951–1955, zaznacza się w kilkunastu punktach IMiGW, nie wszędzie został uchwycony z uwagi na brak wyników obserwacji z tego okresu. Cykl B obejmuje od kilkunastu do ponad 30 lat, wyraźnie zaznacza się w wieloletnich obserwacjach punktów IMiGW. Najwyraźniej zaznacza się cykl C, rozpoczynający się w latach 1975–1981 – obserwowany zarówno w punktach MWP PIG, jak i w punktach IMiGW. Początek cyklu D zaznacza się w latach 1999–2000, przy czym w większości ocenianych punktów bardzo wyraźnie obniżenie zwierciadła wód podziemnych przypada na lata

2003–2006. Cykl ten odnotowano w punktach MWP PIG (punkty IMiGW były obserwowane tylko do 2000 r.), w większości punktów trwa do dnia dzisiejszego.

STANY NIŻÓWKOWE

Stany niżówkowe w wydzielonych cyklach obserwacyjnych zmian stanu retencji (max–max) miały różny charakter.

Cykl A – końcówkę cyklu obserwuje się w punktach obserwacyjnych IMiGW. Stany niżówkowe przypadają najczęściej na lata 1954–1955, rzadziej 1951–1952.

Cykl B (B1, B2) – stany niżówkowe można wyznaczyć na podstawie obserwacji w punktach IMiGW. Stany niżówkowe w podcyklu B1 (w zależności od punktu) obejmowały okresy od 1 do 11 lat, oddzielone stanami średnimi lub wysokimi, które nie zawsze pokrywały się. Najwięcej wspólnych czasowo stanów niżówkowych w podcyklu B1 wystąpiło w latach 1961–1965. W podcyklu B2 stany niżówkowe obejmowały okresy od 1 do 3 lat, oddzielone stanami wyższymi. Najniższe stany odnotowano w latach 1972–1974.

Cykl C – o niskich stanach retencji wód podziemnych, charakteryzuje się znacznie dłuższymi stanami niżówkowymi, trwającymi od 4 do 17 lat. Wyznaczyć je można zarówno w punktach IMiGW, jak i w punktach MWP. Najwięcej wspólnych czasowo stanów niżówkowych dotyczy lat 1983–1995 (1983–1987 i 1990–1993).

Cykl D (D1, D2) – stany niżówkowe można wyznaczyć tylko w punktach MWP PIG. Wystąpiły w większości obserwowanych punktów i w zależności od punktu trwały od 2 do 5 lat – stany niżówkowe przypadają na lata 2003–2007. Nie odnotowano końca stanu niżówkowego.

Bardzo wyraźne obniżenia zwierciadła wód podziemnych przypadają na lata 1983–1987, 1990–1993 i 2003–2007. Nie odnotowano wyraźnego wpływu położenia geomorfologicznego punktów (dolina, wysoczyzna, równina) na okresy występowania w nich stanów niżówkowych i charakter opisanych zmian stanu retencji wód podziemnych.

Śród przezanalizowanych punktów za reperowe do dalszych analiz uznano 308, w tym 177 punktów IMiGW i 131 punktów PIG, przy czym punkty MWP PIG są rekomendowane do prowadzenia dalszych obserwacji, a punkty IMiGW do wykorzystania dla potrzeb korelacji ciągów obserwacyjnych (IMiGW i MWP).

TRENDY ZMIAN STANU RETENCJI

Trendy zmian stanu retencji obliczono indywidualnie dla każdego punktu w całym okresie jego obserwacji. Przy ocenie trendu w poszczególnych obszarach bilansowych należy mieć na uwadze różne okresy obserwacji w badanych punktach MWP PIG (1974–2007) i IMiGW (1951–2000) i z tego względu nie można ich porównywać w skali całego zbioru danych. Można tylko zauważyć, że trendy rosnące dominują w regionach wodnych Górnej Odry, Dolnej Odry i Przymorza Zachodniego, natomiast w pozostałych regionach generalnie dominują trendy malejące (region wodny Warty, Środkowej Odry, Górnej Wisły, Małej Wisły i Środkowej Wisły). W punktach IMiGW o dłuższych i wcześniej rozpoczynających

się okresach obserwacji, niezależnie od obszaru bilansowego, przeważa trend malejący (blisko 60% punktów). W punktach MWP PIG, w których obserwacje rozpoczęto znacznie później, zaznacza się większe zróżnicowanie pomiędzy obszarami bilansowymi, przy czym w większości obszarów bilansowych nieznacznie przeważa trend rosnący.

NASTĘPNE ETAPY PRAC BADAWCZYCH

W następnym etapie prac badawczych przewiduje się wykorzystanie zidentyfikowanych okresów posusznych do ustalenia tzw. gwarantowanych zasobów dostępnych do zagospodarowania. Przeprowadzona identyfikacja reżimu zmian stanu retencji zostanie wykorzystana do przeprowadzenia analizy czasowych zmian struktury bilansu hydrogeologicznego oraz wielkości jego składowych metodą ustalania korelacji odpływu podziemnego do rzek i stanów zwierciadła w punktach obserwacyjnych uznanych za reperowe dla wyróżnionych typów krążenia wód w systemach wodonośnych. Pozwoli to określić dostępne zasoby wód podziemnych gwarantowane (dla okresów posusznych) i średnie (dla okresów o charakterze zbliżonym do warunków średnich w wieloletniu) w wydzielonych rejonach wodnogospodarczych (Herbich i in., 2007), z uwzględnieniem oddziaływań z wodami powierzchniowymi.

Temat zrealizowano w ramach zadań państwowej służby hydrogeologicznej (PSH), sfinansowanych ze środków wypłacanych przez Narodowy Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej, we współpracy z oddziałami regionalnymi PIG oraz w kooperacji z firmą Hydroconsult Sp. z o.o., Oddział w Warszawie.

LITERATURA

- BAZA danych stanów wód gruntowych (stan na 31.12.2000) – strona internetowa <http://www.imgw.pl/wl/internet/otkz/bh.htm>. Ośrodek Technicznej Kontroli Zapór, Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej.
- HERBICH P., 2002 – Dokumentowanie zasobów dyspozycyjnych wód podziemnych dla potrzeb ustanawiania warunków korzystania z wód dorzeczy. XIV Konf. z cyklu Problemy wykorzystywania wód podziemnych w gospodarce komunalnej „Gospodarowanie zasobami wód podziemnych”: 58–65. Częstochowa.
- HERBICH P., 2008 – Założenia metodyczne do ustalania charakterystyk dynamiki stanu retencji wód podziemnych strefy aktywnej wymiany jako podstawy dla określenia wieloletniej zmienności dostępnych dla zagospodarowania zasobów wód podziemnych. CAG Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- HERBICH P., DĄBROWSKI S., NOWAKOWSKI C., 2003 – Ustalenie zasobów perspektywicznych wód podziemnych w obszarach działalności Regionalnych Zarządów Gospodarki Wodnej (raport końcowy). CAG Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- HERBICH P., DĄBROWSKI S., NOWAKOWSKI C., 2007 – Wydzielenie rejonów wodno-gospodarczych dla potrzeb zintegrowanego zarządzania zasobami wód podziemnych i powierzchniowych kraju. Praca wykonana na zamówienie Ministra Środowiska. CAG Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- HERBICH P., PRZYTUŁA E., 2008 – A state of the documenting process of the accessible groundwater resources in Poland. *Pol. Geol. Inst. Spec. Papers*, **24**: 63–67.
- NOWAKOWSKI C., WĘGRZYŃ A., ŻEREBIEC-CHMIELEWSKA A., CZERWIŃSKA M., 2008 – Badania wieloletniej zmienności dostępnych do zagospodarowania zasobów wód podziemnych. CAG Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- PLATFORMA PSH – baza Monitoring Wód Podziemnych – strona internetowa <http://www.pgi.gov.pl/index>.
- PRZYTUŁA E. (kier. zadania) i in., 2008 – Charakterystyka dynamiki stanu retencji wód podziemnych strefy aktywnej wymiany jako podstawa dla ustalenia wieloletniej zmienności dostępnych dla zagospodarowania zasobów wód podziemnych. CAG Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- ROCZNIKI hydrogeologiczne Państwowej Służby Hydrogeologicznej. Państw. Inst. Geol., Warszawa.

SUMMARY

The paper presents a method to assess the variability of the shallow groundwater retention which allows for the determination of the long term variability of the accessible groundwater resources. The long term (1951–2007) data from the shallow groundwater monitoring was analysed. This monitoring is run by the Polish Geological Institute and the Institute of Meteorology and Water Management. The investigation of the shallow groundwater retention dynamics was used to identify the cyclic occurrence of dry years with low renewability of groundwater resources as compared to the long term average. This enabled to determine so called guaranteed groundwater resources accessible for the development in the way that ensures the preservation of the river base flow in dry years.

The carried out investigations enabled to determine the groundwater hydrodynamics at the observation points and hydrogeological conditions in the screened aquifer. The year and season characteristic water heads and amplitudes of the extreme heads as well as dominant type of the groundwater retention cyclic variability were also assessed. It was possible to identify short, medium and long term cycles of the lowest groundwater retention. Moreover some observation points were indicated as those being representative for the characteristics of the natural variability of the groundwater retention in the selected hydrodynamic types of the catchment flow systems.