

JACEK SZYMANKO, SŁAWOMIR ŁODZIŃSKI

Uniwersytet Warszawski, Centralny Urząd Geologii

HYDROGEOLOGICZNE PROBLEMY PROJEKTOWANIA SYSTEMÓW WODNO-GOSPODARCZYCH

UKD 556.3:556.13:556.18:338.984.2(282.243+282.4)

Projektowanie systemów wodno-gospodarczych staje się obecnie w Polsce coraz powszechniejsze. Zaprojektowano już taki system dla Górnośląskiego Okręgu Przemysłowego. W projektach znajduje się m.in. stworzenie systemów tego typu dla górnej Noteci i zlewni Kamiennej. Największym jednak przedsięwzięciem jest „Program Wisła”, który przewiduje utworzenie olbrzymiego systemu wodno-gospodarczego, obejmującego całe dorzecze tej rzeki. Z programem tym jest ściśle związany, realizowany już od kilku lat, program rządowy nr 7, pn.: „Kształtowanie i wykorzystanie zasobów wodnych”. Przy okazji tych działań ujawnił się z całą siłą, od lat występu-

jący w gospodarce wodnej, problem relacji i zależności pomiędzy zasobami wód podziemnych i powierzchniowych, a zwłaszcza relacji pomiędzy zasobami dyspozycyjnymi i eksploatacyjnymi tych wód.

Niestety trzeba stwierdzić, że szczególnie w „Programie Wisła” obecnie zdecydowanie górują koncepcje użytkowania zasobów wód powierzchniowych skupionych w korytach dużych rzek. Zasoby te traktuje się jako podstawowe w dorzeczu Wisły i dla polepszenia warunków ich użytkowania planuje się podjęcie głównego wysiłku badawczego, projektowego i inwestycyjnego. Takie podejście jest z jednej strony kontynuacją starej koncepcji rozwiązywania

problemów planowej gospodarki wodnej w Polsce, zakładającej stopniowe zwiększanie użytkowania wód powierzchniowych kosztem użytkowania wód podziemnych, obecnie coraz mniej uzasadnionej, z drugiej zaś jest ono także wynikiem pewnego zawężonego spojrzenia na całość stosunków wodnych w lądowej hydrosferze i na funkcjonowanie naturalnych mechanizmów formowania się dyspozycyjnych zasobów wodnych.

Realia obecnej sytuacji w gospodarce wodnej Polski są determinowane głównie przez 2 podstawowe fakty. Pierwszym z nich jest aktualny stan jakościowy wód w korytach głównych rzek, który na przeważającym ich biegu nie odpowiada normatywom czystości. Drugim z nich jest obecna struktura źródeł zaopatrzenia w wodę wsi i gospodarki komunalnej, składająca się w ponad 90% eksploatowanych ujęć z ujęć wód podziemnych. Aczkolwiek pobór z tych ujęć w stosunku do poboru wód powierzchniowych jest niewielki, to jednak nie można zapominać, że ma on decydujące znaczenie dla zaspokojenia rozproszonych potrzeb wodnych, zwłaszcza wsi i rolnictwa oraz gospodarki komunalnej małych i średnich miast. Projekty wodociągowania wsi wcale tego znaczenia nie zmniejszają, na co jednoznacznie wskazują prowadzone analizy ekonomiczne.

Jeśli przyjmiemy, że głównym celem „Programu Wisła” jest zwiększenie dyspozycyjności użytkowania zasobów wodnych w całym dorzeczu Wisły, to realia te jednoznacznie wskazują, że koncentracja wysiłku w korytach głównych rzek, po pierwsze będzie niewspółmiernie kosztowna, po drugie wcale nie musi przynieść generalnego rozwiązania postawionego celu. Wydaje się, że jedynym optymalnym rozwiązaniem może być równomierne rozłożenie wysiłku na regulację całości stosunków wodnych w dorzeczu, ze szczególnym uwzględnieniem możliwości kombinowanego użytkowania wód powierzchniowych i podziemnych. Przy takim rozwiązaniu niezbędny jest znacznie większy niż dotychczas udział problematyki hydrogeologicznej w programowaniu przyszłościowych zamierzeń.

Trzeba jednak stwierdzić, że ta problematyka w centrach decyzyjnych „Programu Wisła” jest zredukowana do minimum, a to na pewno nie gwarantuje optymalności podejmowanych decyzji. W tej sytuacji uznano w niniejszym artykule za celowe przedstawienie z jednej strony poglądu hydrogeologów na zależności występujące pomiędzy zasobami wodnymi, lokującymi się w poszczególnych podsystemach systemu wodnego określonego w sterze wód powierzchniowych i podziemnych, oraz podjęto próbę ujednoczenia struktury pojęć zasobowych obowiązujących w całym systemie wodnym, z drugiej zaś strony przedstawiono dokonania i zamierzenia, jakie resort geologii podejmuje w zakresie udostępnienia zasobów wód podziemnych dla celów optymalnego projektowania systemów wodno-gospodarczych w Polsce.

A. POJĘCIE SYSTEMU WODNO-GOSPODARCZEGO

Pojęcie to jest stosowane od co najmniej 20 lat jako synonim współczesnej koncepcji organizacji planowej gospodarki wodnej i jest wyrazem zastosowania metod systemowych w tworzeniu tej koncepcji. Najogólniej można powiedzieć, że system wodno-gospodarczy przedstawia koncepcję jednolitego ujęcia wszystkich obiektów, zjawisk i działań mających związek z planową gospodarką wodną, określonego dla optymalnego sterowania tą gospodarką.

Najczęściej przyjmuje się, że w skład systemu wodno-gospodarczego wchodzi:

- naturalny system wodny, w którym tworzą się zasoby i stosunki wodne;
- urządzenia i budowle wodne służące do utrzymania, ochrony i wzbogacania zasobów i stosunków wodnych;
- urządzenia służące do użytkowania zasobów wód oraz wykorzystania stosunków wodnych;
- urządzenia ochronne;
- różnego typu elementy infrastruktury, wpływające na funkcjonowanie i rozwój gospodarki wodnej;
- potrzeby wodne;

— podsystemy obserwacji i archiwizacji zmian stanu wód oraz podsystemy decyzyjne w planowej gospodarce wodnej.

Elementy te są sprzężone ze sobą różnymi powiązaniem i zależnościami.

Strukturę systemu wodno-gospodarczego można przedstawić jako składającą się z dwóch części: naturalnego systemu wodnego, który jest obiektem regulacji i sterowania oraz sztucznych podsystemów sterujących „nałożonych” na system wodny. Planową gospodarkę wodną w systemie wodno-gospodarczym można przedstawić jako optymalizację jego funkcjonowania. Optymalizacja ta obejmuje maksymalizację zaspokojenia potrzeb wodnych i minimalizację zagrożeń wodnych. Składa się ona z dwu podstawowych czynności:

- optymalnego zaprojektowania i wykonania systemów regulujących i sterujących;
 - optymalnego sterowania systemem wodnym.
- Optymalizację tę należy traktować jako wielokryterialną z ograniczeniami.

B. NATURALNY SYSTEM WODNY

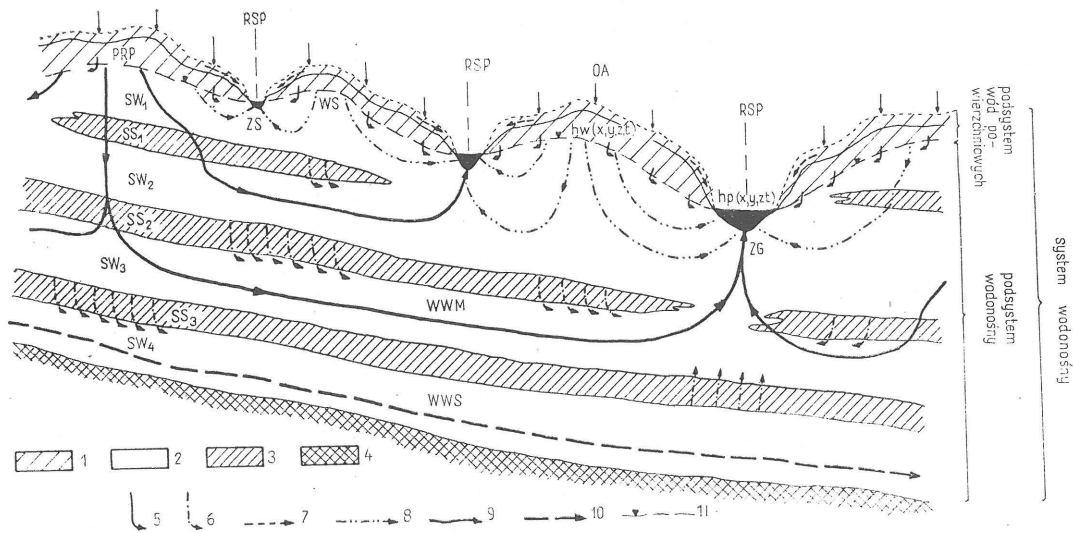
Jest oczywiste, że projektując system wodno-gospodarczy warunkiem jego skuteczności będzie określenie i zidentyfikowanie reżimu systemu wodnego, który ma być obiektem regulacji i sterowania. W koncepcji „Programu Wisła” przyjęto zgodnie z tradycyjnym ujęciem hydrologicznym, że system wodny jest w zasadzie zlewnią hydrologiczną. Zlewnię taką jak wiadomo interpretuje się jako obiekt obejmujący zlewnie wód powierzchniowych, rozszerzoną na strefę podziemną obejmującą: strefę aeracji i strefę saturacji w zasięgu krążenia wód gruntowych, powiązanych bezpośrednio z ciekami. Założeniem w tej interpretacji jest, że wody gruntowe są oddzielone od węglnych wód podziemnych warstwami nieprzepuszczalnymi i że sferę występowania tych wód można traktować w pewnym sensie jako otoczenie zlewni hydrologicznej, w której tworzą się zasoby „uzupełniające” główne zasoby wodne zlewni, skupione w ciekach i zbiornikach retencyjnych.

Według współczesnych poglądów hydrogeologicznych stwierdzających istnienie warstw słaboprzepuszczalnych, taka interpretacja systemu wodnego jest przeważnie niemożliwa do przyjęcia. Jeśli wody gruntowe są oddzielone od wód węglnych warstwami słaboprzepuszczalnymi typu glin zwałowych, mułków itp., przez które zachodzi pionowa filtracja wód, istnieje konieczność rozciągnięcia pojęcia systemu wodnego na całą sferę aktywnych wód podziemnych. Obecnie w literaturze światowej zaznacza się wyraźna tendencja, by system wodny traktować jako strukturę podzieloną na dwa podsystemy pierwszego rzędu. Są to: podsystem zlewni wód powierzchniowych oraz podsystem wodonośny (vide spis literatury).

Podsystem zlewni wód powierzchniowych określony jest w dwu typach obiektów. Pierwszy z nich obejmuje biosferę, powierzchnię ziemi oraz strefę aeracji. Nazywać go będziemy łącznie obiektem rozłożonej retencji powierzchniowej (RRP). Drugi z nich obejmuje wszystkie te obiekty, w których gromadzą się wody powierzchniowe, otwarte, tj.: ciek, zbiorniki wodne itp. Nazywać go będziemy łącznie obiektem skupionej retencji powierzchniowej (RSP).

Obieg krążenia wód w zlewni ma charakter dwufazowy. W pierwszej fazie opad atmosferyczny (OA) transformowany jest przez obiekt RRP. Dzieli ona go na trzy składowe: parowanie terenowe (PT), rozłożony spływ powierzchniowy (SRP) oraz infiltrację efektywną (IE). W drugiej fazie po transformacji składowej IE przez system wodonośny następuje skupienie przepływów w obiektach RSP i uformowanie całkowitego odpływu powierzchniowego (OPC).

Podsystem wodonośny określany jest w sferze krążenia wód podziemnych, w obrębie dwu typów obiektów: środowisk wodonośnych (SW) i środowisk słaboprzepuszczalnych (SS). Układ tych środowisk oraz środowisk wodoszczelnych (SN) tworzy w przestrzeni układ hydrostrukturalny, którym wydzielać



Ryc. 1. Schemat krążenia wody w złożonym systemie wodonośnym.

Fig. 1. Scheme of water circulation in complex aquifer system.

1 — obiekty podsystemu wód powierzchniowych: RRP — obiekty rozłożonej retencji powierzchniowej (biosfera + powierzchnia terenu + strefa aeracji), RSP — obiekty skupionej retencji powierzchniowej (cieki + zbiorniki wodne), 2 — środowisko wodonośne SW, 3 — środowisko słaboprzepuszczalne SS, 4 — środowisko nieprzepuszczalne, 5 — infiltracja efektywna, 6 — przesączanie międzywarstwowe, 7 — rozłożony spływ powierzchniowy, 8 — podsystemy lokalnego krążenia wód gruntowych, 9 — podsystem przejściowego krążenia wód wgłębnymi-młodszych, 10 — podsystemy regionalnego krążenia wód wgłębnymi-starszych, 11 — zwierciadło wód, hw — zwierciadło wód podziemnych, hp — zwierciadło wód powierzchniowych, ZG — zasilenie podziemne przepływów powierzchniowych, WG — wody gruntowe, WWM — wody wgłębne młodsze, WWS — starsze, OA — opad atmosferyczny.

1 — objects of surface water subsystem: RRP — objects of dispersed surface retention (biosphere + terrain surface + aeration zone), RSP — objects of concentrated surface retention (creeks + water reservoirs), 2 — water-bearing environment (SW), 3 — weakly permeable environment (SS), 4 — impermeable environment, 5 — effective infiltration, 6 — interlayer percolation, 7 — dispersed surface flow, 8 — subsystems of local groundwater circulation, 9 — subsystem of transitional circulation of younger deep water, 10 — subsystems of regional circulation of old deep water, 11 — water table, hw — groundwater table, hp — surface water table, ZG — underground supply of surface creeks, WG — groundwater, WWM — younger deep water, WWS — old deep water, OA — atmospheric precipitation.

można jednostki hydrostrukturalne (= struktury hydrogeologiczne). Zgodnie ze starą koncepcją J. Gołąba powiadamy, że układ krążenia wód podziemnych jest włożony w układ hydrostrukturalny i jego podział nie musi się pokrywać z podziałem hydrostrukturalnym. O podziale układów krążenia, a także o rozrzadzie wód w jego obrębie decyduje, poza układem hydrostrukturalnym i rozkładem parametrów hydrogeologicznych, również położenie stref zasilenia i drenażowych zewnętrznych i wewnętrznych. Ogólnie można przyjmować, że podstawowe zewnętrzne zasilenie systemu wodonośnego odbywa się przez infiltrację efektywną wód opadowych (IE), a drenaż przez zasilenie podziemne cieków i zbiorników powierzchniowych (ZG). W tym schemacie trzeba uwzględnić istnienie dopływów (odpływów) podziemnych D(O)G* spoza jednostki bilansowej.

Na ryc. 2 pokazano ogólny schemat krążenia wód w systemie wodnym, uwzględniając tylko jego podstawowe obiekty i podstawowe składowe krążenia.

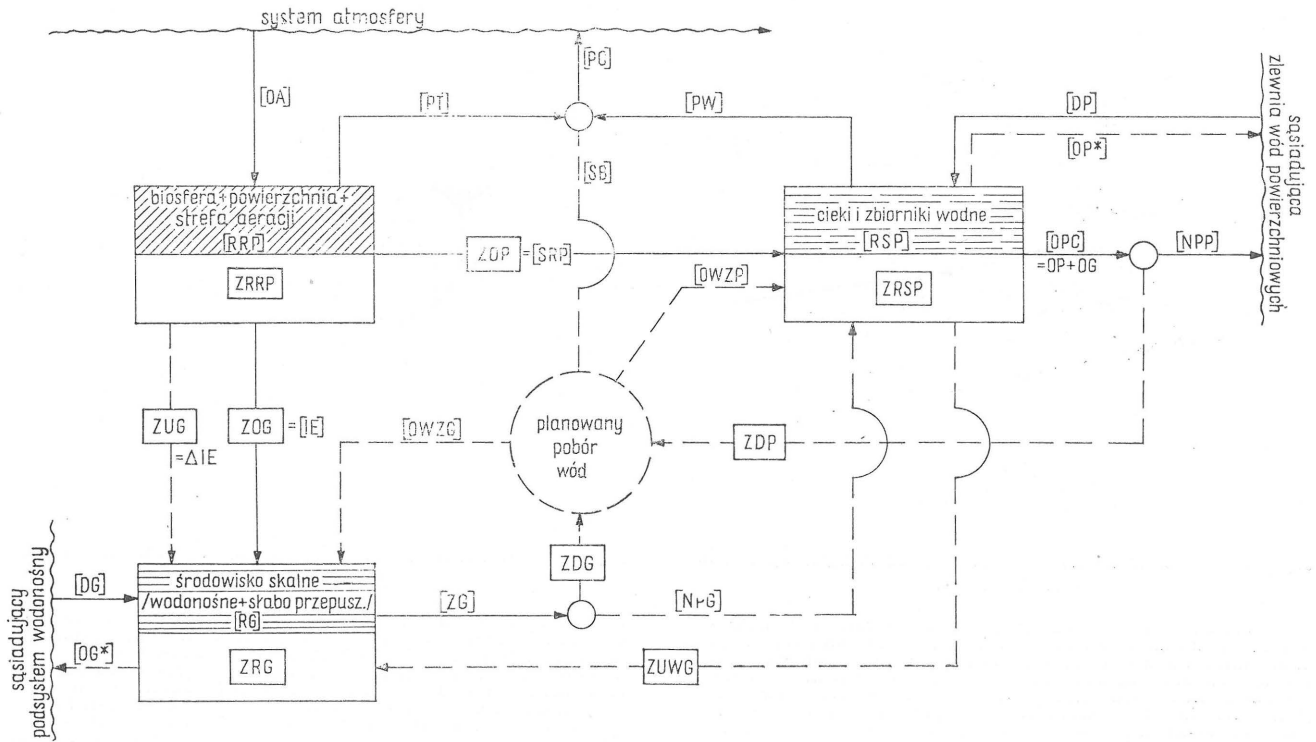
Na ryc. 1 pokazano hipotetyczną strukturę przepływów w systemie wodonośnym o warstwowym układzie hydrostrukturalnym. Według J. Gołąba strukturę taką nazywamy układem hydrotektonicznym wód podziemnych. Przypisując poszczególnym elementom tej struktury wiek względny wód otrzymujemy układ hydrostratygraficzny wód podziemnych. Przyjmowany obecnie podstawowy podział układów hydrotektonicznych obejmuje następujące wydzielenia:

W skomplikowanych warunkach hydrogeologicznych jakie występują na przeważającej części naszego kraju relacje pomiędzy poszczególnymi jednostkami przestrzennymi, w których można określać podsystemy wód powierzchniowych i podsystemy wodonośne nie są proste. Także nie są proste relacje jakie występują w obrębie samego podsystemu wodonośnego, pomiędzy układem hydrostrukturalnym i układem krążenia wód podziemnych. Najczęściej spotykamy się z taką sytuacją, w której jednostki hydrostrukturalne mają inny plan niż jednostki układu krążenia wód podziemnych a te ostatnie, szczególnie w przypadku krążenia wód wgłębnymi, wykazują jeszcze inny plan niż zlewnie wód powierzchniowych. W zasadzie można mówić tylko o zbieżności planów w przypadku zlewni wód powierzchniowych i jednostek krążenia wód gruntowych. Z punktu widzenia potrzeb określenia systemu wodnego, który ma stanowić bazę dla regionalizacji systemu wodno-gospodarczego użytkującego wszystkie wody, taka zbieżność jest niewystarczająca. Powstaje więc pytanie, jak określać system wodny optymalnie uwzględniający wszystkie potrzeby projektowania? Odpowiedzi na to pytanie należy szukać w podstawowym twierdzeniu ujęcia systemowego, które mówi, że system należy określać zależnie od celu, jaki temu określeniu się stawia.

- układów krążenia wód gruntowych (lokalne systemy krążenia J. Totha),
- układów krążenia wód wgłębnymi, młodszych (przejściowe systemy krążenia J. Totha),
- układów krążenia wód wgłębnymi, starszych (regionalne systemy krążenia J. Totha).

Pierwszym i wyjściowym celem projektowania systemu wodno-gospodarczego jest rozpoznanie stosunków i zasobów wodnych, które ogólnie można nazwać identyfikacją systemu wodnego. Cele takiej identyfikacji są, jak wiadomo, zmienne na różnych etapach jej prowadzenia. Za najważniejszy z nich uważa się rozpoznanie obiektów, w których formułowany jest naturalny system wodny. Z punktu widzenia identyfikacji podsystemu wodonośnego cel ten

Każdy z tych układów może tworzyć jednostkę przestrzenną (= jednostka układu krążenia lub system krążenia), związaną z inną strefą drenażową i mającą inne działy wodne. Podstawową jednostkę układu krążenia tworzy zlewnia wód podziemnych.



Ryc. 2.

Fig. 2.

Zasoby wód: ZRRP — zasoby zmagazynowane w obiektach rozłożonej retencji powierzchniowej (biosfera + powierzchnia + strefa aeracji), ZRSP — zasoby zmagazynowane w obiektach skupionej retencji powierzchniowej (cieki + zbiorniki wodne), ZRG — zasoby zmagazynowane wódm podziemnych (swobodne + sprężyste), ZOP — zasoby odnawialne wód powierzchniowych (= spływ powierzchniowy SRP), ZOG — zasoby odnawialne wód podziemnych (= infiltracja efektywna IE), ZUG — zasoby uzupełniające wód podziemnych (= przyrost infiltracji efektywnej ΔIE), ZUWG — względne zasoby uzupełniające wód podziemnych (pochodzące z wód powierzchniowych).

Water resources: ZRRP — resources stored in dispersed surface retention objects (biosphere + terrain surface + aeration zone), ZRSP — resources stored in concentrated surface retention objects (creeks + water reservoirs), ZRG — resources stored in groundwater reservoirs (free and elastic), ZOP — renewable resources of surface water (= surface flow, SRP), ZOG — renewable resources of groundwater (= effective infiltration, IE), ZUG — supplementary resources of groundwater (= increment of effective infiltration, ΔIE), ZUWG — relative supplementary resources of groundwater (coming from the surface).

Składowe bilansu wodnego: ZDP — zasoby dyspozycyjne wód powierzchniowych (= $OPC_{niz} - NPP$), ZDG — zasoby dyspozycyjne wód podziemnych ($\approx ZOG - ZG_{niz}$), OA — opad atmosferyczny, DG — dopływ wód podziemnych spoza systemu, DP — dopływ wód powierzchniowych spoza systemu, PT — parowanie terenowe, PW — parowanie z wolnej powierzchni, SB — straty bezpowrotne w użytkowaniu wód, PC — straty całkowite przez parowanie, IE — infiltracja efektywna, ΔIE — przyrost infiltracji efektywnej (wzbudzonej), OG^* — odpływ wód podziemnych poza system („niekontrolowany”), ZG — zasilenie podziemne przepływów powierzchniowych (zasoby dynamiczne wód podziemnych pomniejszone o OG^*), ZG_{niz} — jw. w okresie niżówki, SRP — rozłożony spływ powierzchniowy (= spływ powierzchniowy), OP — odpływ powierzchniowy, OG — podziemny, OP^* — odpływ powierzchniowy poza ciekami głównymi zlewni („niekontrolowany”), OPC — odpływ powierzchniowy całkowity (= $OP + OG$), OPC_{niz} — odpływ powierzchniowy całkowity w okresie niżówki, NPP — nienaruszalny przepływ powierzchniowy w ciekach, NPG — nienaruszalny przepływ podziemny (OPC_{niz} dla cieków nieużytkowanych), OWZG — rzuty wód odzyskanych do wód podziemnych, OWZP — rzuty wód odzyskanych do wód powierzchniowych, RRP — rozłożona retencja powierzchniowa, RSP — skupiona retencja powierzchniowa, RS — retencja podziemna.

Water budget components: ZDP — disposable resources of surface water (= $OPC_{niz} - NPP$), ZDG — disposable resources of groundwater ($\approx ZOG - ZG_{niz}$), OA — atmospheric precipitation, DG — supply of groundwater to system from outside, DP — supply of surface water to system from outside, PT — surface evaporation, PW — evaporation from free surface, SB — unrenewable losses in water use, PC — total losses due to evaporation, IE — effective infiltration, ΔIE — increment of effective infiltration (induced), OG^* — outflow of groundwater outside the system (“uncontrolled”), ZG — underground supply of surface flow (dynamic groundwater resources minus OG^*), ZG_{niz} — as above, in time of low water level, SRP — dispersed surface flow (= surface flow), OP — surface outflow, OG — underground outflow, OP^* — surface outflow except for main creek of drainage basin (“uncontrolled”), OPC — total surface outflow (= $OP + OG$), OPC_{niz} — total surface outflow in time of low water level, NPP — the minimum surface flow in creeks, NPG — the minimum groundwater flow (OPC_{niz} for unused creeks), OWZG — introduction of recovered water to groundwater, OWZP — introduction of recovered water to surface water, RRP — dispersed surface retention, RSP — concentrated surface retention, RS — underground retention

polkrywa się z identyfikacją układu hydrostrukturalnego i jego realizacją ma odpowiedzieć na pytanie — w jakich warunkach może następować regulacja stosunków i pobór wód i jakie będą jego charakterystyki. Trzeba zatem określić położenie warstw wodonośnych, słaboprzepuszczalnych i nieprzepuszczalnych, parametry hydrogeologiczne, ustalić schematy hydrauliczne itp. Dla realizacji tego celu badań, regionalizacja systemu wodnego musi opierać się na jednostkach hydrostrukturalnych. Ten etap identyfikacji systemu wodnego nazywamy badaniami hydrostrukturalnymi.

Jego najważniejszym wynikiem powinno być ustalenie bilansu wodnego systemu oraz określenie zasobów wodnych, odnawialnych i dyspozycyjnych, a także ustalenie ograniczeń i zagrożeń wodnych, jakie trzeba będzie uwzględnić przy projektowaniu urządzeń regulujących. Regionalizacja na tym etapie badań powinna się opierać na jednostkach układu krążenia, czyli zlewniach wód powierzchniowych i podziemnych (= systemy krążenia wód).

Drugim celem jaki stawia identyfikacja systemu wodnego jest rozpoznanie stanu wód, struktury ich krążenia oraz rozrzędu, w warunkach reżimu naturalnego. Etap badań, na którym ten cel się realizuje nazywamy badaniami stanu i układu krążenia wód.

Trzecim celem identyfikacji systemu wodnego jest rozpoznanie możliwości przeprowadzania w nim regulacji stosunków wodnych oraz możliwości użytkowania wód, głównie ich poboru. Z punktu widzenia hydrogeologicznego najważniejsze na tym etapie jest określenie zasobów eksploatacyjnych ujęć wód. Etap, na którym ten cel się realizuje nazywamy badaniami prognostycznymi możliwości regulacji i użytkowania wód. Badania te powinny doprowadzić do

określenia jednostki przestrzennej, w której wzbudzony układ krążenia wód może być optymalnie zamknięty dla przenoszenia się wpływów regulacji i użytkowania wód do otoczenia. Jednostkę taką nazywamy systemem wodonośnym optymalnie zamkniętym. System taki wraz z odpowiadającą mu jednostką układu krążenia wód powierzchniowych, także optymalnie zamkniętą powinien tworzyć system wodny, na którego podstawie projektuje się system wodno-gospodarczy.

Przyjęcie jako ostatecznego kryterium wydzielenia systemu wodnego, który ma wchodzić w skład systemu wodno-gospodarczego, optymalności zamknięcia jego konturów dla przenoszenia się wpływów regulacji i użytkowania wód na otoczenie nie jest zawsze możliwe do spełnienia i trzeba się liczyć z koniecznością szukania rozwiązań kompromisowych. Wybór alternatyw powinien być związany z warunkami lokalnymi, określającymi konkretną w danym przypadku strukturę krążenia wód w warunkach wzbudzonych i nie może być złożony a priori bez przeprowadzenia pewnego cyklu badań hydrologicznych i hydrogeologicznych oraz analizy rozkładu potrzeb wodnych. Jest również konieczne, by badania te były prowadzone w jednostce przestrzennej znacznie przekraczającej projektowaną lokalizację systemu wodno-gospodarczego i obejmowały w pierwszej kolejności badania jednostek hydrostrukturalnych, następnie jednostek układu krążenia wód powierzchniowych i podziemnych, a dopiero na końcu doprowadzały do wydzielenia systemu wodnego, optymalnie zamkniętego, tworzącego integralną jednostkę bilansową w warunkach krążenia wzbudzonego.

C. BILANSE I ZASOBY WÓD W SYSTEMIE WODNYM

Określenie bilansu wodnego oraz ustalenie zasobów wód jest jednym z podstawowych wymogów, spełnienie którego warunkuje przystąpienie do projektowania systemu wodno-gospodarczego. Zasady sporządzania bilansów wodnych dla zlewni hydrologicznych i zlewni wód podziemnych są powszechnie znane i o nich tu nie będziemy pisali. Pragniemy jednak podkreślić, że w przypadku bilansowania pełnego systemu wodnego konieczne jest stosowanie rozwiniętego równania bilansowego, obejmującego wszystkie składowe rozrządy wód.

Przyjmując taki schemat przepływów wód, jaki został przedstawiony na ryc. 2, rozwinięte równanie bilansu surowego naturalnego systemu wodnego można przedstawić jak następuje:

$$\begin{aligned}
 & OA + DP + \underbrace{\sum_i DG_i}_{\text{człon zasilania}} \\
 & = \underbrace{SRP + \Delta ZRPR + PT + \Delta ZRPS + PW}_{\text{człon transformacji odpływu w podsystemie zlewni wód powierzchniowych}} + \\
 & + \underbrace{\sum_i PD_i + \Delta ZRG + OG_i}_{\text{człon transformacji odpływu w podsystemie wodonośnym}} \quad [1]
 \end{aligned}$$

gdzie:

- OA — opad atmosferyczny;
- DP — dopływ wód powierzchniowych spoza jednostki bilansowej;
- DG_i — dopływ wód podziemnych spoza jednostki bilansowej do i-tego podsystemu krążenia wód podziemnych;
- SRP — rozłożony spływ powierzchniowy bezpośrednio zasilający cieki i zbiorniki powierzchniowe;
- ΔZRPR — przyrost zasobów zmagazynowanych w biosferze, powierzchni terenu i strefie aeracji;

- PT — parowanie terenowe, całkowite;
- ΔZRPS — przyrost zasobów zmagazynowanych w ciekach i zbiornikach powierzchniowych;
- PW — parowanie z wodnej powierzchni cieków i zbiorników;
- PD_i — przepływ wód podziemnych w i-tym podsystemie krążenia ≈ zasoby dynamiczne i-tego podsystemu;
- ΔZRG — przyrost zasobów zmagazynowanych wód podziemnych;
- OG_i* — odpływ wód podziemnych z i-tego podsystemu krążenia poza jednostkę bilansową;
- n — ilość podsystemów krążenia wód podziemnych.

Przyjmując, że w średniej wieloletniej zmianie zasobów zmagazynowanych zerują się, oraz że jednostka bilansowa tworzy zamknięty układ krążenia, z którego wody są zbierane w jednej strefie drenażowej (w cieku), otrzymamy ogólne równanie bilansowe systemu wodnego:

$$(OA - PC) = SRP + \sum_i^n PD_i = OP + OG = OPC \quad [2]$$

gdzie:

- OPC — odpływ całkowity wód powierzchniowych;
- (OA-PC) — zasilanie efektywne systemu wodnego;
- PC — parowanie całkowite (PC=PT+PW);
- OP — odpływ powierzchniowy ≈ SRP;
- OG — odpływ podziemny $\left(= IE \approx \sum_i^n PD_i = ZG \right)$;
- IE — infiltracja efektywna;
- ZG — zasilanie podziemne przepływów powierzchniowych.

W wariacie użytkowym do równań typu [1] lub [2] powinno się wprowadzać średnie pobory i średnie zrzuły wód. Pojęcie zasobów wodnych, jak wiadomo, jest stosowane w hydrogeologii dla określenia objętości lub wydatku przepływu wód podziemnych, które mogą być użytkowane. W hydrologii pojęcie zasobów wodnych stosuje się w podobnym sensie tylko w postaci określenia tzw. zasobów dyspozycyjnych wód zlewni hydrologicznej, rozumianych jako część odpływu całkowitego wód powierzchniowych przez cieki. Takie podejście jest nieprecyzyjne i często powoduje, że te same zasoby są wliczane zarówno do zasobów wód powierzchniowych, jak i podziemnych. Proponujemy więc, by w całym systemie wodnym stosować jednolitą strukturę pojęć zasobowych, obejmującą cztery podstawowe rodzaje tych zasobów: zasoby zmagazynowane ZR (= retencjonowane = retencja), zasoby odnawialne ZO, zasoby dyspozycyjne ZD oraz zasoby eksploatacyjne ujęć ZE.

1. Zasoby zmagazynowane ZR (L^3 lub $(L^3 \cdot L^{-2}) = \text{moduł}$). Określają one objętość wody, jaka znajduje się w całym systemie wodnym i może być z niego oddawana. Dzielą się one na zasoby zmagazynowane wód powierzchniowych ZRP, obejmujące: rozłożoną retencję powierzchniową ZRPR (biosfera + powierzchnia ziemi + strefa aeracji) i skupioną retencję powierzchniową ZRPS (cieki + zbiorniki) oraz zasoby zmagazynowane wód podziemnych ZRG, obejmujące zasoby swobodne (grawitacyjne) i sprężyste. Zasoby zmagazynowane powinny się traktować jako funkcje stanu wód w systemie. Zależą one ogólnie od pojemności wodnej obiektów, w których określony jest system.

2. Zasoby odnawialne ZO ($L^3 T^{-1}$ lub $(L^3 T^{-1} L^{-2}) = \text{moduł}$). Określają je wydatek wody pochodzenia atmosferycznego, efektywnie zasilającej system wodny (lewa strona równania [2]). Dzielą się one na zasoby odnawialne wód powierzchniowych ZOP, które można utożsamiać z rozłożonym spływem powierzchni-

wym SRP i odpływem powierzchniowym OP z cieków oraz zasoby odnawialne wód podziemnych ZOG równe infiltracji efektywnej IE. W średnich stacjach wieloletnich są one także równe zasilaniu podziemnemu ZG przepływów powierzchniowych, pomniejszonymu o odpływy wód podziemnych poza jednostkę bilansową. Wydatki średnich przepływów PD_i w poszczególnych podsystemach krążenia nazywane są zasobami dynamicznymi. Suma tych przepływów, tj. $\sum_i^n PD_i$, tworzy całkowite zasoby dynamiczne wód podziemnych. Są one również zasobem odnawialnym ZOG. Wszelkie przepływy wód podziemnych spoza systemu wodnego, nie pochodzące z bezpośredniej infiltracji efektywnej są zatem zasilaniem pośrednim lub pośrednimi zasobami odnawialnymi ZOGP.

Jak wiadomo zasoby odnawialne systemu wodnego nie są stałe i mogą ulegać zmianom w wyniku regulacji i użytkowania wód. Jeśli w wyniku tych zmian następuje zwiększenie zasilania systemu wodnego, źródła wód zabezpieczających to zwiększenie są zasobami uzupełniającymi (dodatkowymi) ZU. W odniesieniu do wód podziemnych nazywać je będziemy zasobami uzupełniającymi wód podziemnych (ZUG). Źródłem tych zasobów powinny być wody pochodzące z otoczenia systemu wodnego, te, których nie bilansuje się w warunkach naturalnych. W przypadku zasobów uzupełniających wód podziemnych ZUG, są to głównie wszelkiego rodzaju przychody wód, zwiększające infiltrację efektywną ΔIE , pojawiające się najczęściej przy zdepresjonowaniu (zwiększenie pojemności strefy aeracji i przechwytywania nie kontrolowanej części spływu powierzchniowego, zalewów powodziowych, zmniejszenie parowania terenowego itp.).

Jeśli źródłem zasobów uzupełniających są wody pochodzące z wnętrza systemu wodnego i były już w nim bilansowane, takie zasoby nazywamy względnymi zasobami uzupełniającymi ZUW. Podstawowym względnym zasobem uzupełniającym wód podziemnych ZUWG jest wtórna infiltracja wód powierzchniowych z cieków i zbiorników wodnych, jaką możemy wywołać przez zdepresjonowanie wód podziemnych lub przez piętrzenie wód powierzchniowych. Ważnym elementem tych zasobów są także zrzuty wód pobieranych z systemu wodnego OWZG (zrzuty kontrolowane i nie kontrolowane, systemy irygacyjne itp.). Jeśli uruchomienie tych zasobów następuje w wyniku zamierzonej działalności człowieka nazywać je można zasobami sztucznymi.

3. Zasoby dyspozycyjne ZD ($L^3 T^{-1}$ lub $(L^3 T^{-1} L^{-2}) = \text{moduł}$). Określają one ilości wód, jakie mogą być użytkowane w systemie wodnym bez sprecyzowania jednak szczegółów i strategii tego użytkowania. Określa się je dla celów planistycznych i nie powinny być one podstawą projektowania poszczególnych urządzeń systemu wodno-gospodarczego, szczególnie ujęć wód podziemnych. Wyróżniać będziemy trzy rodzaje zasobów dyspozycyjnych wód w systemie wodnym:

a) zasoby dyspozycyjne wód podziemnych ZDG; podają one ilość wód, jaką można użytkować z wód podziemnych przy założeniu, że nie będzie następować względne uzupełnienie ich zasobów przez wtórną infiltrację wód powierzchniowych.

$$ZDG = ZOG + ZUG - NPG \approx \approx \sum_i^n (PD_i - NPG_i) + ZUG \quad [3]$$

gdzie:

- ZOG — zasoby odnawialne wód podziemnych;
- ZUG — zasoby uzupełniające wód podziemnych;
- NPG — nienaruszalny przepływ wód podziemnych;
- PD_i — zasoby dynamiczne i-tego podsystemu krążenia;
- NPG_i — nienaruszalny przepływ w i-tym podsystemie krążenia.

Niektórzy hydrogeolodzy, np. Bindeman, Boczever, Paczyński uwzględniają w zasobach „eksploatacyjnych” rozumianych tak jak tutaj rozumiemy zasoby dyspozycyjne, dodatkowe zasilanie poboru wody, jakie uzyska się ze zmian zasobów zmagazynowanych, wywołanych zdepresjonowaniem. Uważamy, że przy ocenie zasobów dyspozycyjnych, które są podawane bez określania depresji dopuszczalnej ten przyrost zasobów może być pominięty jeśli mamy do czynienia z wodami o dużej odnawialności. Nie można go natomiast pomijać w przypadku ocen zasobów dyspozycyjnych wód słaboodnawialnych, np. wód wglębnych w rozległych i izolowanych strukturach hydrogeologicznych. Pod pojęciem nienaruszalnego przepływu podziemnego NPG należy rozumieć taką część przepływu, która musi pozostać w krążeniu podziemnym by w przypadku krążenia wód gruntowych zachowane były warunki normalnego funkcjonowania biosfery, a w przypadku krążenia wód wglębnych nie następowało stałe obniżenie się depresji. Dla wód gruntowych w przybliżeniu można NPG szacować jako zbliżony do zasilania podziemnego cieków w okresie niżówki ZG_{niż.},

b) zasoby dyspozycyjne wód powierzchniowych ZDP; podają one ilość wód, jaką można użytkować z wód powierzchniowych przy założeniu, że nie będzie następowało względne uzupełnianie ich zasobów przez pobór zasobów dyspozycyjnych wód podziemnych:

$$ZDP = NPG \pm DOP_{\text{niż}} + \left(\frac{\Delta ZRPS}{\Delta t} \right)_{\text{niż}} - NPP \approx \approx OPC_{\text{niż}} - NPP \approx ZG_{\text{niż}} + \Delta OPC_{\text{niż}} - NPP \quad [4]$$

gdzie:

- NPG — nienaruszalny przepływ podziemny;
- DOP_{niż} — dopływ lub odpływ wód powierzchniowych spoza jednostki bilansowej w okresie niżówki;
- $\Delta ZRPS_{\text{niż}}$ — wydatek zasilania przepływu powierzchniowego pochodzący ze zmniejszania się zasobów zmagazynowanych w ciekach i zbiornikach retencyjnych w okresie niżówki;
- NPP — nienaruszalny przepływ powierzchniowy;
- OPC_{niż} — odpływ wód powierzchniowych w okresie niżówki;
- $\Delta OPC_{\text{niż}}$ — przepływ zasilający niżówkę, pochodzący z uruchomienia rezerwy dyspozycyjnej wód powierzchniowych; pod pojęciem rezerwy dyspozycyjnej wód powierzchniowych ZDR rozumiemy różnicę pomiędzy średnim odpływem całkowitym OPC a zasobami dyspozycyjnymi: wód powierzchniowych ZDP i wód podziemnych ZDG,

c) zasoby dyspozycyjne systemu wodnego ZDSW; podają one ilość wód, jaką można w systemie wodnym użytkować bez sprecyzowania jednak jej rozładu na ujęcia wód powierzchniowych i podziemnych:

$$ZDSW = ZDG + ZDP + ZDR \approx OPC + ZU \quad [5]$$

gdzie:

- ZU — zasoby uzupełniające.
- Na ryc. 2 przedstawiono ogólny schemat dystrybucji zasobów zmagazynowanych, odnawialnych i dyspozycyjnych wód w systemie wodnym.

4. Zasoby eksploatacyjne ujęć wód ZE. Podają one ilość wód, jaka może być użytkowana w systemie wodnym przez konkretne ujęcia wodne, przy określonej ich lokalizacji, ustalonej strategii użytkowania i przy ustalonych ograniczeniach skutków tego użytkowania. Główne ograniczenia mają charakter:

- fizyko-techniczny, wynikający z warunków i możliwości budowy ujęć, przy danej ich lokalizacji;
- przyrodniczy, który można ogólnie określić jako wymóg ochrony środowiska naturalnego, a zwłaszcza wymóg zachowania niezbędnej ilości i jakości wód dla funkcjonowania naturalnego ekosystemu lądowego i wodnego;
- środowiskowy, wynikający z wymogów zabezpieczenia funkcjonowania obiektów i urządzeń wykorzystywanych przez człowieka, np. istniejących ujęć wodnych, budowli, dróg wodnych itp.

Ocena zasobów eksploatacyjnych powinna być traktowana jako zadanie optymalizacji z ograniczeniami, w którym optymalizuje się lokalizację ujęć i charakterystyki poboru z nich wody.

W obecnie obowiązujących przepisach odróżnia się trzy rodzaje zasobów eksploatacyjnych ujęć zwykłych wód podziemnych. Są to zasoby eksploatacyjne małych ujęć, dużych ujęć i zasoby eksploatacyjne regionu. W tych pierwszych dwu rodzajach określany jest maksymalny wydatek ujęcia, jaki można uzyskać przy jego danych technicznych, nie przekraczając dopuszczalnej depresji. Ta depresja określa ograniczenia jakie nakłada się na skutki poboru wody. W przypadku zasobów eksploatacyjnych regionu sposoby ich określenia są do dzisiaj dyskusyjne. Pewna część hydrogeologów uważa, że zasoby te można określić bez podania dopuszczalnej depresji regionalnej. Uważamy ten pogląd za niesłuszny, oraz że zasoby eksploatacyjne regionu powinno się traktować tak, jakby ten region tworzył wielkie ujęcie, które wywołuje depresję regionalną. Ograniczenie skutków eksploatacji, limitujące wielkość możliwego poboru wód wyraża przede wszystkim regionalna depresja dopuszczalna, ustalenie której powinno być przedmiotem osobnych studiów warunkujących możliwości przeprowadzenia oceny zasobów eksploatacyjnych ujęć w regionie. Inne ograniczenia, przy których powinno się prowadzić ocenę zasobów eksploatacyjnych wyznaczać mogą np. dopuszczalne zmiany stanu jakościowego wód podziemnych oraz dopuszczalna lokalizacja ujęć w regionie. Podawane przy takich założeniach zasoby eksploatacyjne nazywać będziemy zasobami eksploatacyjnymi ujęć wód podziemnych w regionie ZEUG (= zasoby eksploatacyjne regionu). Będziemy odróżniali dwa podstawowe rodzaje takich zasobów: maksymalne zasoby eksploatacyjne ujęć wód podziemnych w regionie ZEUGM oraz optymalne zasoby eksploatacyjne ujęć wód podziemnych w regionie ZEUGO.

a. Maksymalne zasoby eksploatacyjne ujęć wód podziemnych w regionie (ZEUGM). Ocena ich polega na znalezieniu takiego rozmieszczenia ujęć wód podziemnych w regionie by uzyskać z nich, przy jednoczesnej eksploatacji, maksimum poboru wody, nie przekraczając nałożonych ograniczeń. Podstawowymi ograniczeniami są: dopuszczalna depresja w regionie s_{dop} , dopuszczalny stan jakości wód podziemnych w regionie c_{dop} oraz dopuszczalna lokalizacja ujęć w regionie $R_{dop} \in R$, wykluczająca możliwości ich lokalizacji, np.: na obszarach zabudowanych, strefach strzeżonych, mokradłach itp. Zadanie optymalizacji można przedstawić następująco: znaleźć takie rozmieszczenie ujęć wód podziemnych we wszystkich podregionach R_{dop} dopuszczających ich lokalizację i ustalić z nich taki pobór wody Q_{uz_i} , by spełniony był warunek:

$$\min \left\{ \sum_j^n (s_{dyn_j} - s_{dop_j})^2 \right\} \text{ dla: } \left. \begin{array}{l} s_{dyn_j} \leq s_{dop_j} \\ c_{dyn_j} \leq c_{dop_j} \end{array} \right\} \in R \quad [6]$$

gdzie:

s_{dyn_j} — depresja dynamiczna uzyskiwana przy jednoczesnym poborze wody ze wszystkich ujęć określona w j -tym punkcie regionu R ;

c_{dyn_j} — jakość wód podziemnych stwierdzana w czasie poboru;

n — ilość punktów obserwacyjnych zmian stanu wód podziemnych.

Rozwiązanie tego zadania powinno doprowadzić do znalezienia takiej lokalizacji ujęć wód podziemnych we wszystkich tych podregionach, w których można je lokować, by suma poboru wody była największa jaką można uzyskać w regionie z ujęć wód podziemnych. Oceny dokonuje się bez określania parametrów technicznych ujęć.

$$ZEUGM = \sum_i^m Q_{uz_i} \quad [7]$$

gdzie:

Q_{uz_i} — uzyskiwana wydajność z i -tego ujęcia;

m — ilość ujęć zlokalizowanych w podregionach R_{dop} .

Praktycznie dla oceny tych zasobów konieczne jest założenie sieci ujęć we wszystkich podregionach dopuszczalnej lokalizacji R_{dop} , i wynik uzyskany może być zależny od gęstości tej sieci. Z tego powodu gęstość tę trzeba optymalizować.

Rozwiązując zadanie [6] otrzymać można taką sytuację, w której wydajności poszczególnych ujęć będą bardzo małe i nieopłacalne dla użytkownika. Może zaistnieć również taka sytuacja, że koszty budowy ujęć będą bardzo duże i produkcja z nich wody także nieopłacalna. W takich sytuacjach można do zadania [6] wprowadzić dodatkowe ograniczenie wyłączające ujęcia o wydajności mniejszej niż uznana za celową $Q_{uz_i} \leq Q_{dop_i}$ lub wyłączające ujęcia, w których koszt produkcji wody jest większy niż koszt uznany za dopuszczalny $K_{uz_i} \leq K_{dop_i}$. Wprowadzając te ograniczenia oceniać będziemy maksymalne, ekonomiczne zasoby eksploatacyjne ujęć wód podziemnych w regionie ZEUGME. Przy ich podawaniu trzeba wyraźnie powiedzieć, jakie dodatkowe ograniczenia zostały zastosowane.

Jeśli założymy depresję dopuszczalną w sąsiedztwie cieków i zbiorników wodnych równą zero, oceniając zasoby maksymalne ZEUGM powinniśmy otrzymać ich wielkość w przybliżeniu równą wielkości zasobów dyspozycyjnych wód podziemnych ZDG, jeśli oczywiście uwzględnimo przy ocenie zasoby uzupełniające ZUG. Takie założenie jest jednak najczęściej trudne do praktycznego zrealizowania i przy eksploatacji maksymalnej trzeba się liczyć z dopływem wód powierzchniowych, czyli uruchomieniem się także względnych zasobów uzupełniających ZUWG oraz ze szczypaniem części zasobów zmagazynowanych. Uwzględniając te zasoby, otrzymywać możemy maksymalne zasoby eksploatacyjne ZEUGM, większe od zasobów dyspozycyjnych ZDG.

$$ZEUGM \approx ZDG + ZUWG + \frac{\Delta ZRG}{t_{eks}} \quad [8]$$

Względne zasoby uzupełniające wód podziemnych ZUWG mogą być jak wiadomo sztucznie regulowane, np. przez odpowiednie projektowanie zrzutów wód pobranych (budowę gruntowych odbiorników ścieków, deszczownie, irygacje itp.) oraz piętrzenie wód powierzchniowych, jak i retencje zwłaszcza w małych zbiornikach. Uzyskuje się w ten sposób dodatkowy zasób wód, który może być przechwytywany przez ujęcia wód podziemnych. Maksymalne zasoby eksploatacyjne ujęć wód podziemnych w regionie, które podaje się przy uwzględnieniu tego typu działań nazywać będziemy maksymalnymi, wzbogaconymi zasobami eksploatacyjnymi ujęć wód podziemnych w regionie (ZEUGMW). Zasoby te mogą znacznie przekraczać zasoby dyspozycyjne wód podziemnych i to niekoniecznie przy przewidywaniu budowy ujęć infiltracyjnych.

b. Optymalne zasoby eksploatacyjne ujęć wód podziemnych w regionie (ZEUGO). Zasoby te podają jaki może być pobór z ujęć wód podziemnych rozmieszczonych w regionie, aby zaspokajał on w sposób optymalny zlokalizowane i określone potrzeby wodne, przy nałożonych ograniczeniach, analogicznych do nakładanych na pobór maksymalny z regionu. Dla

BILANS WODNY OBSZARU POLSKI W ROKU ŚREDNIM

Zasilenie	km ³ /rok	%	Ubytki	km ³ /rok	%
— z opadów atmosferycznych	187,2	97,3	— odpływ korytami rzek do morza i poza granice kraju		
			a) bezpośredni pow.	24,6	12,9
			b) pośredni gruntowy	32,7	17,1
			c) ze zrzutu wód wydobywanych ze studzien	1,3	0,6
— z płynących rzek z zagranicy	5,2	2,7	— straty wody na transpiracje i zużycie gospodarcze		
			a) parowanie terenowe	133,5	69,2
			b) zużycie wody wydobytej ze studni	0,3	0,2
	192,4			192,4	

ich oceny jest niezbędne więc dysponowanie, obok informacji o nakładanych ograniczeniach na lokalizacje i skutki poboru wód przez ujęcia, także informacjami o aktualnym stanie eksploatacji wód oraz informacjami o rozkładzie potrzeb wodnych w regionie. Zadanie optymalizacji przy ocenie takich zasobów trzeba postawić jako znalezienie takiej lokalizacji ujęć wód podziemnych w regionie, by koszty dostawy wód z nich do użytkowników były minimalne. Można to przedstawić jako:

$$\min \left\{ \sum_i^n V_i D_i \right\} \quad [9]$$

D_i oznacza koszty dostawy wody do i -tego użytkownika. Obejmują one koszty: wydobywania, uzdatnienia oraz dostarczania wody do użytkownika obciążone kosztami niezbędnych inwestycji. V_i oznacza wagę potrzeb i -tego użytkownika. Ograniczenia, jakie powinno się stawiać przy takiej optymalizacji, są następujące:

— wszyscy użytkownicy mają zapewnione potrzeby wodne, tj.:

$$Q_{dos_i} \geq Q_{pot_i} \text{ dla } i = 1, 2, \dots, m$$

gdzie:

Q_{dos_i} — dostawa dla i -tego użytkownika,

Q_{pot_i} — jego potrzeby wodne,

m — liczba użytkowników w regionie,

— pobór wody w regionie, czyli ZEUGO nie przekracza zasobów maksymalnych ZEUGM, tj. $ZEUGO \leq ZEUGM$,

— ujęcia zlokalizowano w miejscach dopuszczalnych oraz nie przekroczono założonej depresji dopuszczalnej i utrzymano dopuszczalną jakość wód.

Zadanie oceny zasobów optymalnych powinno być wykonywane po dokonaniu oceny zasobów maksymalnych. Jest ono oczywiście niewykonalne, jeśli potrzeby wodne przekraczają w regionie te zasoby. W takiej sytuacji trzeba z góry albo zmniejszyć potrzeby, albo planować pobór i przerzuty wód także z innych źródeł spoza regionu. Ocena zasobów optymalnych ZEUGM wymaga przeprowadzenia analizy ekonomicznej rozrządu wód i w zasadzie może być tylko przeprowadzona przy współpracy hydrogeologa z projektantem systemu wodno-gospodarczego. Upraszczając można ją prowadzić w ten sposób, że w miejscach kosztów dostaw wody będzie się minimalizowało sumaryczną odległość połączeń pomiędzy ujęciami i użytkownikami.

D. UWAGI NA TEMAT BILANSU WODNEGO POLSKI

Bilans ten, jaki z niewielkimi modyfikacjami do dzisiaj jest wykorzystywany w różnych rozważaniach na temat planowej gospodarki wodnej, w tym także w obrębie dorzecza Wisły, stworzony został pod kierownictwem prof. K. Dębskiego w latach 1953—55 (tab.).

Jeśli zastosujemy do analizy tego bilansu strukturę pojęć zasobowych, przyjętą w niniejszym artykule możemy mówić, że zasoby odnawialne wód systemu wodnego Polski w średnim roku wynoszą:

$$ZO = [187,2 - 133,5] + 5,2 = 58,9 \text{ km}^3/\text{rok}$$

w tym 53,7 km³/r tworzy się na terenie kraju. Zasoby te mogą się zmieniać w granicach 30—90 km³/rok. Przyjmując, że przepływy wód podziemnych bilansują się na granicach państwa, rozrząd zasobów dyspozycyjnych można przedstawić następująco: zasoby odnawialne wód powierzchniowych ZOP: 24,6 km³/rok, zasoby odnawialne wód podziemnych ZOG: 34,3 km³/rok. Przeważnie szacuje się, że 70—90% ZOG pozostaje w krążeniu lokalnym wód gruntowych, 7—20% w krążeniu przejściowym wód wglębnych młodszych i 3—10% w krążeniu regionalnym wód wglębnych starszych (np. Wallick, Toth oraz Dąbrowski). Przyjmując taki rozrząd można szacować średnie zasoby dynamiczne wód podziemnych na:

wody gruntowe	24,0 km ³ /rok
wody wglębne młodsze	8,6 km ³ /rok
wody wglębne starsze	1,7 km ³ /rok

Jeśli przyjmujemy, że dla utrzymania podstawowej wegetacji konieczne jest pozostawienie w krążeniu 85% zasobu dynamicznego, a dla utrzymania depresji w wodach wglębnych wystarczy 5% i 0% zasobu dynamicznego, otrzymamy następujące zasoby dyspozycyjne wód podziemnych Polski:

wody gruntowe	0,15 × 24,0	3,6 km ³ /rok
wody wglębne młodsze	0,95 × 8,6	8,2 km ³ /rok
wody wglębne starsze	0,0 × 1,7	1,7 km ³ /rok

zasoby dyspozycyjne wód podziemnych Polski 13,5 km³/rok

Nieco mniejszą wielkość tych zasobów otrzyma się odejmując od zasobu odnawialnego ZOG średni przepływ niżówkowy (34,3—22 = 12,3 km³/rok). Są to za-

soby, w których nie uwzględniono uzupełniania ich przez zwiększenie infiltracji efektywnej oraz zmianę zasobów zmagazynowanych.

Zasoby uzupełniające w wyniku zwiększenia infiltracji efektywnej wskutek zdepresjonowania wód gruntowych można szacować na ok. 20% zwiększenia zasobów dynamicznych tych wód. Zmiana zasobów zmagazynowanych jest trudna do oszacowania. Przyjmując jednak, że główne zdepresjonowanie dotyczyć będzie wód wgłębnych, trzeba za ich źródło brać głównie zmianę zasobów sprężystych, która nie powinna wynosić więcej niż 0,3–0,5 km³/rok i to nie w ciągu długiego czasu. Łącznie te uzupełnienia dają ok. 1,0 km³/rok. Uwzględniając je można szacować zasób dyspozycyjny wód podziemnych ZDG Polski na ok. 13,3–14,5 km³/rok. Jest to wielkość zbliżona do tej, którą podał Paczyński (11) jako zasoby eksploatacyjne zwykłych wód podziemnych Polski (13,7 km³/rok). Jest ona natomiast dużo niższa niż podane przez tego autora zasoby dyspozycyjne (24,5 km³/rok).

Dokładnych oszacowań zasobów dyspozycyjnych całego systemu wodnego Polski jak do tej pory brakuje, a istniejące oszacowania są ogólne, ponadto podawane w dość zawilej formie. Np. A. Tuszkowski (18), ustalając nienaruszalny przepływ wód powierzchniowych na 9 km³/rok, szacuje przy obecnym stanie retencji zasób dyspozycyjny wód w rzekach na ok. 34 km³/rok. Gdyby od tego zasobu odjąć nie uzupełnione zasoby dyspozycyjne wód podziemnych Polski, obliczone na 13,5 km³/rok, otrzymamy zasoby dyspozycyjne wód powierzchniowych ok. 20,5 km³/rok. Wychodząc jednak konsekwentnie z założenia, że obecne zasoby dyspozycyjne są funkcją przepływu niżówkowego, który w Polsce dla średniego roku szacuje się na ok. 22 km³/rok i uwzględniając nienaruszalny przepływ wód powierzchniowych w ilości 9 km³/rok, otrzymamy aktualny zasób dyspozycyjny wód powierzchniowych ZDP w roku średnim równy ok. 13 km³/rok. Łącznie zasoby dyspozycyjne wód ZDSW w Polsce w roku średnim można więc szacować na: 27,0 km³/rok, co stanowi ok. 47% całkowitego zasobu odnawialnego. Rezerwa dyspozycyjna wynosi obecnie około 32 km³/rok. Pamiętać należy, że w latach suchych zasoby te mogą ulec znacznej redukcji.

Z przeprowadzonej analizy wynika, że zasoby dyspozycyjne wód w Polsce są prawie równo rozdzielone na wody powierzchniowe i podziemne. Wskazuje to jednoznacznie, że dla celów planistycznych trzeba również na tej samej płaszczyźnie stawić możliwość użytkowania wód powierzchniowych i podziemnych i dokonywać wyborów rozwiązań optymalnych do istniejących warunków i potrzeb.

Podwyższenie aktualnych zasobów dyspozycyjnych wód w Polsce jest możliwe przez retencjonowanie rezerwy dyspozycyjnej oraz przez odpowiednią strategię zrzutów, uwzględniającą proces oczyszczania ścieków. Trzeba jednak podkreślić, że oba te działania w równym prawie stopniu mogą wpływać na podwyższenie dyspozycyjności zarówno wód powierzchniowych, jak też wód podziemnych, w warunkach eksploatacji ujęć. Jak wiadomo zasoby eksploatacyjne ujęć wód podziemnych w regionie mogą być znacznie wyższe niż obecnie szacowane zasoby dyspozycyjne ZDG i trzeba w nich uwzględnić możliwość uruchamiania się względnych zasobów uzupełniających, pochodzących głównie z infiltracji retencjonowanych wód powierzchniowych. Problem polega na tym, w jaki sposób i gdzie to retencjonowanie ma być dokonywane. Jeśli przyjąć, że odbywać się ono będzie w korytach dużych rzek i w dolnym ich biegu, to trzeba z góry zakładać, że ich wpływ na podwyższenie zasobów eksploatacyjnych ujęć wód podziemnych będzie znikomy. Jeśli będzie się ono odbywać w górnym biegu rzek, a najlepiej w strefach wododziałowych po przerzucie wód, wówczas należy się spodziewać istotnego polepszenia możliwości eksploatacji wód z ujęć wód podziemnych. Jak wiadomo, taka lokalizacja retencji nie wyklucza również możliwości ogólnego wyrównywania przepływów powierzchniowych oraz budowy dużych ujęć powierzchniowych. Innymi słowy, wciąż jest aktual-

ny problem, czy podwyższanie dyspozycyjności zasobów wodnych, m.in. w dorzeczu Wisły ma odbywać się na drodze tzw. małej i średniej retencji, czy też tylko dużej?

Zdaniem autorów, jeśli głównym celem „Programu Wisła” ma być polepszenie możliwości użytkowania wód w całym dorzeczu i program ten ma być realizowany optymalnie, to konieczne jest dążenie do maksymalnego zaopatrzenia gospodarki komunalnej (z wyjątkiem wielkich aglomeracji) i całego rolnictwa, poprzez kombinowane ujęcia podziemne plus mała i średnia retencja. Zaopatrzenie natomiast w wodę wielkich aglomeracji i centrów przemysłowych, w tym energetyki cieplnej może się odbywać tylko z dużej retencji. Oczywiście w każdym z tych wariantów „Programu Wisła” polepszenie jakości zrzucanych wód jest konieczne, z tym, że przy wariantach małej i średniej retencji realizacja może być rozciągnięta w znacznie dłuższym czasie. Wody powierzchniowe są bowiem w górnych biegach dopływów Wisły z wyjątkiem Bugu mniej zanieczyszczone i można się na razie koncentrować tylko na utrzymaniu tego stanu. Warunkiem niezbędnym dla realizacji programu małej i średniej retencji w dorzeczu Wisły jest przeprowadzenie w pierwszej kolejności dokładnych badań hydrogeologicznych.

E. HYDROGEOLOGICZNE BADANIA REGIONALNE PROWADZONE DLA POTRZEB PROJEKTOWANIA SYSTEMÓW WODNO-GOSPODARCZYCH

Analizując obecny stan regionalnego rozpoznania hydrogeologicznego Polski, a zwłaszcza dorzecza Wisły, trzeba stwierdzić, że jest on niedostateczny w stosunku do potrzeb jakiejś marzuca obecna faza projektowania systemów wodno-gospodarczych, a w szczególności projektowania systemu wodno-gospodarczego Wisły. Na ten stan rzeczy składa się wiele przyczyn, z których najważniejsze są dwie:

1. bardzo duży stopień komplikacji warunków hydrogeologicznych pokrywy osadów czwartorzędowych na Niżu Polskim, w której jak wiadomo znajduje się największa część dyspozycyjnych zasobów wód podziemnych. Komplikacje te wymagają dużej koncentracji środków badawczych, zwłaszcza dla rozpoznania zasobów eksploatacyjnych ujęć wód podziemnych w regionach. Koncentracji tej, jak dotychczas, nie uzyskano;

2. znaczne rozproszenie już otrzymywanych środków na nie zawsze uzasadnione i uzasadnione badania przeglądowe, prowadzone przez służby hydrogeologiczne różnych resortów.

Resort geologii w latach 70-tych dokonał syntetycznego opracowania stanu rozpoznania zasobów wód podziemnych Polski w skali przeglądowej. Efektem tego opracowania jest „Atlas zasobów zwykłych wód podziemnych i ich wykorzystania w Polsce”, wydany przez Instytut Geologiczny w 1976 r. Atlas ten podsumował stan dotychczasowego rozpoznania oraz wyznaczył kierunki dalszych badań. Obecnie prowadzone są one przez kombinaty geologiczne, w ramach tzw. szczegółowych hydrogeologicznych badań regionalnych Polski, w których wykonywane są badania geofizyczne, wiercenia, obserwacje stacjonarne, analizy hydrologiczne itp. Jednocześnie z podjęciem tych prac, zgodnie z Decyzją nr 2 prezesa Centralnego Urzędu Geologii w 1978 r. podjęto wysiłek dalszego rozwoju podstaw metodycznych oceny zasobów wód podziemnych i prognozowania ich użytkowania, opartych na konsekwentnym ujęciu systemowym. Dla realizacji tego zadania utworzono problem resortowy nr 101, który obecnie jest koordynowany przez Ośrodek Badań Hydrogeologicznych i Modelowania Matematycznego Kombinat Geologicznego „Zachód”. W ramach jego realizacji, w 1983 r. ma być zaproponowany nowy podział hydrogeologiczny kraju, obejmujący wydzielenie głównych systemów wodonośnych, z określeniem zasobów eksploatacyjnych ujęć wód podziemnych w wariantach regionalnym. Stworzone zostaną banki danych HYDRO- i OBSERWACJE HYDROGEOLOGICZNE, magazynujące dane hy-

drogeologiczne z wierceń oraz dane z obserwacji stacjonarnych prowadzonych, w zakładanej przez Instytut Geologiczny sieci obserwacyjnej. Stworzona zostanie wreszcie kompletna biblioteka HYDRYLIB programów na emc, służących do budowy modeli symulacyjnych systemów wodonośnych. Ponadto w ramach problemu nr 101 przeprowadzone będą badania pilotowe, w ośmiu wytypowanych systemach wodonośnych, o zasięgu regionalnym oraz przeprowadzone zostaną badania metodyczne z zakresu różnych problemów identyfikacji systemów wodonośnych. Jednym z wyników realizacji tego tematu ma być koncepcja stworzenia krajowego systemu informacyjnego gospodarowania zasobami wód podziemnych SIGW, w którym magazynowane będą wyniki hydrogeologicznych badań regionalnych. W najbliższym pięcioleciu planuje się np. założenie takiego systemu dla całej Wyzyny Lubelskiej oraz niecki wielkopolskiej. W realizacji tematu nr 101 biorą udział różne jednostki resortowe — Instytut Geologiczny, kombinaty, OBRTG; spoza resortu, np. Instytut Hydrogeologii i Geologii Inżynierskiej Uniwersytetu Warszawskiego, w którym tworzona jest biblioteka HYDRYLIB i wykonywane są badania pilotowe i metodyczne, Akademia Górniczo-Hutnicza, Politechnika Krakowska, Uniwersytet Wrocławski, Instytut Kształtowania Środowiska itd., uczestniczące w pracach metodycznych i badaniach pilotowych.

Jako podstawę programowania badań regionalnych przyjmuje się obecnie w resorcie geologii założenia, że specyfika projektowania systemów wodno-gospodarczych wymaga ścisłego ząębiana się w czasie realizacji różnych czynności badawczych obejmujących różne elementy systemu wodnego z czynnościami głównie projektowymi (inżynierskimi). Powoduje to, że np. nie jest możliwa taka organizacja projektowania, w której przedstawiciele dyscyplin przyrodniczych (hydrologodzy, hydrogeolodzy, ekolodzy itd.) w pierwszej kolejności przedstawiliby modele „swoich” elementów systemu wodnego, określiliby w nich zasoby oraz ustalili warunki ich użytkowania, a następnie inżynierowie-projektanci po zbilansowaniu potrzeb wodnych, zaprojektowaliby od razu odpowiednio urządzenia i budowle wodne, pozwalające na racjonalne zaspokojenie tych potrzeb. Nie jest również możliwa taka organizacja, w której w pierwszej kolejności hydrogeolodzy określają zasoby wód podziemnych, a następnie specjaliści gospodarki wodnej po sporządzeniu bilansów wodnych i ustaleniu zasobów dyspozycyjnych podejmują decyzję, jak te zasoby można optymalnie rozrządzić. Prawidłowa organizacja projektowania systemu wodno-gospodarczego powinna opierać się na założeniu, że wszystkie czynności badawcze, prognostyczne i projektowe, obejmujące różne elementy systemu wodnego, skupiają się na etapie, który nazwaliśmy „etapem badań prognostycznych możliwości realizacji i użytkowania wód”. Z tym, że dla badań etap ten znajduje się w szczytowej części piramidy działalności, natomiast dla projektowania urządzeń — na jej początku.

Z punktu widzenia hydrogeologicznego, piramidy działalności badawczej tworzą szczegółowe badania hydrogeologiczne zasobów wód podziemnych w regionie. Głównym wynikiem przeprowadzenia tych badań w zasadzie powinno być ustalenie zasobów dyspozycyjnych i eksploatacyjnych ujęć wód podziemnych w regionie w kat. C, bowiem tylko ustalenie takich zasobów pozwala projektantowi przystępować do analizy możliwości budowy poszczególnych elementów infrastruktury systemu wodno-gospodarczego. Z tego co zostało powiedziane poprzednio wynika, że praktyczne ustalenie zasobów eksploatacyjnych ujęć wód w regionie nie jest możliwe jednoznacznie i zależy ono od przyjmowanych założeń i wynikających z rozkładu potrzeb wodnych, przyjmowanych ograniczeń itp. Stąd jeśli badania hydrogeologiczne mają kończyć się w sposób najbardziej użyteczny dla projektanta systemu, to powinny one zawierać obok przedstawienia jednego z wariantów dystrybucji zasobów eksploatacyjnych, także narzędzie, za pomocą którego taką dystrybucję można względnie szybko uzyskać przy innych założeniach.

Można więc przyjąć, że podstawowym wynikiem szczegółowych badań hydrogeologicznych zasobów wód podziemnych w regionie, powinien być dobrze zdefiniowany model symulacyjny systemu wodonośnego oraz ustalone ograniczenia, jakie nakłada się na skutki eksploatacji wód w tym regionie. Te ograniczenia powinna przedstawiać „Mapa ograniczeń lokalizacji i eksploatacji ujęć wód podziemnych w danym regionie. Szczegółowe badania hydrogeologiczne zasobów wód w regionie powinny obejmować następujące etapy badawcze:

— **etap szczegółowych badań hydrostrukturalnych**, którego najistotniejszym wynikiem powinno być rozpoznanie sposobu zalegania warstw: wodonośnych słaboprzepuszczalnych i nieprzepuszczalnych oraz charakterystyk poboru wody przy określonych lokalizacjach ujęć; etap ten powinien kończyć się wydzieleniem tzw. struktur perspektywicznych dla lokalizacji ujęć o dużej wydajności oraz struktur negatywnych, w których nie można takich ujęć lokalizować. Dla struktur perspektywicznych powinny być podane charakterystyki poboru wody (tzw. charakterystyki modelu Theisa, Hantusha itp.). Użytkowym wynikiem kartograficznym tego etapu badań powinny być m.in. np. „Mapy spodziewanych wydajności maksymalnych lub jednostkowych ujęć wód podziemnych”, które mogą być bezpośrednio wykorzystywane przy projektowaniu małych ujęć.

— **etap szczegółowych badań układów krążenia oraz stanu jakościowego wód**, którego najistotniejszym wynikiem powinno być: odtworzenie struktury naturalnego krążenia wód, określenie poszczególnych elementów bilansu przepływów, związków wód podziemnych z powierzchniowymi, określenie aktualnego poboru wód, stanu jakościowego wód i lokalizacji zagrożeń tego stanu itp. W zakończeniu tego etapu powinna być dokonana ocena zasobów odnawialnych, wstępna ocena ograniczeń eksploatacji wód, ocena zasobów dyspozycyjnych oraz założenie stacjonarnej sieci obserwacji zmian stanu wód. W zasadzie na tym etapie badań powinny być już sporządzone modele krążenia wód w zlewniach powierzchniowych (model zlewni) oraz podziemnych. Trzeba zakładać, że realizacja etapu badań układu krążenia będzie wykonywana wspólnie przez hydrogeologów i hydrologów, a do określenia ograniczeń eksploatacji ujęć wód podziemnych wskazane byłoby zapewnienie współpracy innych specjalistów (ekologów, rolników itp.). Użytkowym wynikiem kartograficznym tego etapu powinny być, m.in., mapy modułowe zasobów odnawialnych i dyspozycyjnych wód podziemnych, mapy zagrożeń jakości wód itp.

— **etap badań prognostycznych możliwości regulacji i użytkowania wód**, którego wynikiem w pierwszym rzędzie powinno być zbadanie charakterystyk tzw. warunków brzegowych systemu wodonośnego, uszczegółowienia charakterystyk regulacji stosunków wodnych i poboru wód w systemie oraz sporządzenie dokładnej oceny ograniczeń, jakie należy nałożyć na skutki intensywnej eksploatacji wód podziemnych w regionie. Wskazane jest również zbadanie możliwości sztucznego wzbogacania zasobów wód podziemnych. Badania te powinny doprowadzić do stworzenia modelu symulacyjnego systemu wodonośnego optymalnie zamkniętego oraz dokładnego jego zidentyfikowania i na podstawie tego modelu powinna być dokonana ocena zasobów eksploatacyjnych ujęć wód podziemnych w regionie: w pierwszej kolejności ocena różnych wariantów ZEUGM — w dalszej, jeśli istnieją dostateczne dane o potrzebach wodnych regionu, także ocena zasobów optymalnych ZEUGO, traktowana jako wstępna.

Można zakładać, że na tym kończy się podstawowa część szczegółowych badań hydrogeologicznych, a jej wyniki powinny być przedstawiciele w „Dokumentacji hydrogeologicznej badań regionalnych”. Na podstawie tej dokumentacji powinno się zatwierdzać zasoby dyspozycyjne regionu w kat. C oraz zasoby eksploatacyjne ujęć wód podziemnych w podregionach perspektywicznych w kat. B. Takie zatwierdze-

nie powinno umożliwić rozpoczęcie działalności inwestycyjnej, np. opracowania studium do ZTE systemu wodno-gospodarczego.

Jednocześnie z opracowaniem dokumentacji powinno następować wypełnienie banku HYDRO i OBSERWACJE STACJONARNE, które wraz z modelem stymulacyjnym lub modelami wykonanymi w poszczególnych podregionach perspektywicznych tworzyłyby moduł regionalny w systemie SIGW. Kontynuacja badań hydrogeologicznych polegałaby głównie na prowadzeniu stałych obserwacji stacjonarnych zmian jakościowych i ilościowych wód podziemnych oraz wykonywaniu, w dalszych etapach projektowania systemu wodno-gospodarczego, badań umiejscowionych niezbędnych do podejmowania określonych decyzji tworzenia infrastruktury systemu. Wyniki tych badań byłyby podstawą uzupełniania banków danych modułu regionalnego SIGW oraz reambulacji założeń i parametrów modelu (modeli) symulacyjnych. Jednocześnie modele te mogą stanowić podstawę do tworzenia kolejnych wersji oceny zasobów optymalnych ZEUGO, uwzględniających zmieniające się warianty dystrybucji przestrzennej potrzeb wodnych i warianty rozwiązań inżynierskich. Oczywiście, dla efektywnego przeprowadzenia takich działań musi istnieć i należyście funkcjonować komórka gospodarcza zasobów wód podziemnych w regionie, która ściśle będzie współpracowała z innymi służbami gospodarki wodnej oraz z projektantami systemu wodno-gospodarczego.

LITERATURA

1. Bonnet M. — Methodologie des modiles de simulation en hydrogéologie. Thèse pour obtenir le titre de docteur d'Etat en Sciences Nancy 1978.
2. Dąbrowski S. — System regionalnego krążenia wód podziemnych w dolinie kopalnej na obszarze Środkowej Polski. Pr. dokt. na Wydziale Geologii UW, 1979.
3. Dębski K. — Hydrologia, Warszawa 1970.
4. Gołąb J. — Podstawy racjonalnego ujęcia bilansu hydrogeologicznego dla obszaru Polski. Czynn. i Post. Nauk. t. IV no. 1, Łódź 1964.
5. Hall A. D. — Podstawy techniki systemów. PWN 1968.
6. Kulikowski R. — Analiza systemowa i jej zastosowania. PWN 1977.
7. Lambor J. — Podstawy i zasady gospodarki wodnej. Wyd. Komunikacji i Łączności 1965.
8. Łodziński S., Sacha B., Szymanko J. — Badania hydrogeologiczne dla potrzeb współczesnej gospodarki wodnej kraju. Prz. Geol. 1979 nr 6.
9. Mynarski S. — Elementy techniki systemów i cybernetyki, PWN 1974.
10. Pazdro Z. — Hydrogeologia ogólna, Wyd. Geol. 1977.
11. Paczyński B. — Część opisowa Atlasu zasobów zwykłych wód podziemnych i ich wykorzystania w Polsce; cz. 1 — Zasoby zwykłych wód podziemnych. Inst. Geol. Wyd. Geol. 1976.
12. Przybyłek J. — Zasady i metodyka dokumentowania zasobów eksploatacyjnych dużych ujęć wody. Mat. Konf. nauk.-techn. w Jachrance. Wyd. Geol. 1978.
13. Szymanko J. — Współczesne koncepcje klasyfikacji i oceny zasobów wód podziemnych. Prz. Geol. 1977 nr 10.
14. Szymanko J. — Koncepcje systemu wodonośnego i metod jego modelowania. Wyd. Geol. 1980.
15. Szymanko J., Łodziński S., Sacha B. — Współczesne koncepcje prowadzenia badań hydrogeologicznych dla potrzeb ustalania i dokumentowania zasobów wód podziemnych w układach regionalnych. Mat. konf. nauk.-techn. NOT, Płock 1978.
16. Toth J. — A theory groundwater motion in small drainage basins, in central Alberta Canada. J. Geoph. Res. vol. 67 1962.

17. Toth J. — A theoretical analysis at groundwater flow in small drainage basins. Ibidem vol. 68 1963.
18. Tuszkowski A. — Bilans wodny Polski. Mat. sem. pt.: Problemy wykorzystania wód podziemnych w gospodarce komunalnej, Częstochowa 1977.
19. Wallich E. I., Toth J. — Methods of regional groundwater flow analysis with suggestions for the use of environmental isotopes. Proc. of an Advisory Group Mect. Vienna 1975.

SUMMARY

An old question of relations between disposable resources of surface and underground waters has been encountered in designing hydro-economical systems, especially premises for designs of the Vistula River drainage basin system. The solution of that question, directly connected with conception of realizing the aims of the „Wisła Programme”, is indispensable for obtaining actually most appropriate design resolutions.

The paper presents a general conception and aims which should be fulfilled by hydro-economic systems. The structure and feedbacks occurring in natural water system interpreted as an object of regulation and optimum steering in hydro-economical system are described. Water resources usable taking into account the principle of full integrity of surface and underground water circulation are determined and defined.

The budget of water resources in Poland is analysed in order to illustrate relations between the above mentioned resources. The analysis, carried out taking into account the principle of unity of water resources in natural circulation system in a consistent way, has shown that disposable resources of surface and underground waters are at present almost equal in Poland and that their ratio does not have to be changed in any essential way by retention of disposable reserves, i.e. of idle outflow. This should be the case when the solution of so-called small and medium retention, accompanied by enrichment of groundwaters, is chosen. The acceptance of that solution should greatly facilitate realization of the basic task of the „Wisła Programme”, i.e. the increase of possibilities of taking unpolluted water in the whole drainage basin.

The acceptance of the solution of large retention located in upper sections of major rivers, practically precludes any significant increase in disposable groundwater resources and there may arise serious problems in water supply in areas distant from rivers, especially for the needs of agriculture and towns. The solution involving small and medium retention makes also possible some extension of the giant programme of qualifying waste water in time whereas the alternative solution of large retention requires its rapid completion. In order to complete the former solution, it appears necessary to increase markedly the range of hydrogeological surveys in the whole drainage basin of the Vistula River.

The final part of the paper deals with achievements and further aims of the Geological Survey in making available groundwater resources, especially those of the Vistula River drainage basin, for use in hydro-economic systems.

РЕЗЮМЕ

В проектировании гидро-хозяйственных систем, в частности при разработке основных положений проектов системы бассейна р. Вислы, проявилась старая проблема соотношений, встречающихся между имеющимися в распоряжении запасами поверхностных и подземных вод. Выявление их необходимо для нахождения действительно оптимальных