

ZASILANIE DOLIN RZECZNYCH WODAMI PODZIEMNYMI

Regina Poźniak

Wydział Melioracji Wodnych SGGW-AR w Warszawie
Katedra Technologii Prac Melioracyjnych, Hydrogeologii
i Zaopatrzenia Rolnictwa w Wodę

Kierownik: Prof. dr hab. J. Sokołowski

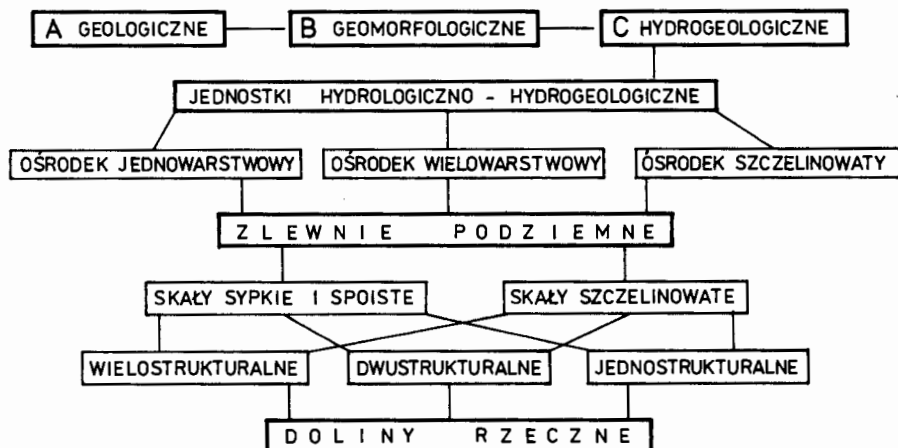
WSTĘP

Jednym z trudnych i niezupełnie jeszcze poznanych zagadnień geologicznych jest geneza, budowa geologiczna i warunki hydrogeologiczne dolin rzecznych. One bowiem w sposób decydujący wpływają na możliwość dopływu wody podziemnej ze zlewni do doliny i powodują różne, często nadmierne, uwilgotnienie profilu glebowego w poszczególnych fragmentach doliny, wyłączając je z możliwości użytkowania rolniczego. Ponowne włączenie takich obszarów, najczęściej jako użytków zielonych, wymaga budowy odpowiednich urządzeń wodno-melioracyjnych umożliwiających regulowanie odpływu powierzchniowego i podziemnego. W celu prawidłowego zaprojektowania i zrealizowania inwestycji umożliwiającej regulowanie dopływu wód podziemnych, należy mieć świadomość i znać jego kształtowanie się.

CZYNNIKI KSZTAŁTUJĄCE ZASILANIE PODZIEMNE DOLIN RZECZNYCH

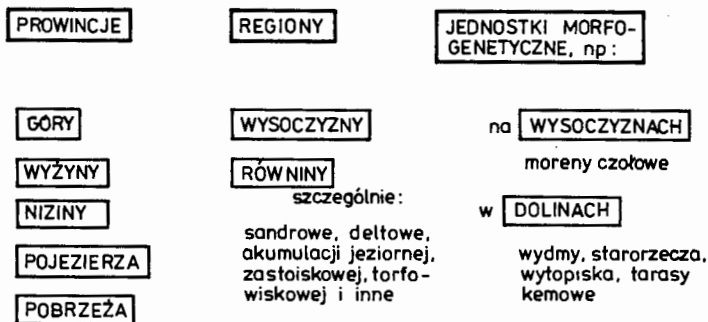
A. C z y n n i k i g e o l o g i c z n e. Istnieje kilka grup czynników kształtujących zasilanie dolin wodami podziemnymi, co przedstawiono na rysunku 1.

Wśród czynników geologicznych najważniejsze znaczenie ma geneza skał, litostratygrafia, tektonika i sposób ułożenia warstw. Przedstawiono to na ideowych schematycznych przekrojach geologicznych podłużnych i poprzecznych dolin rzecznych (rys. 2).



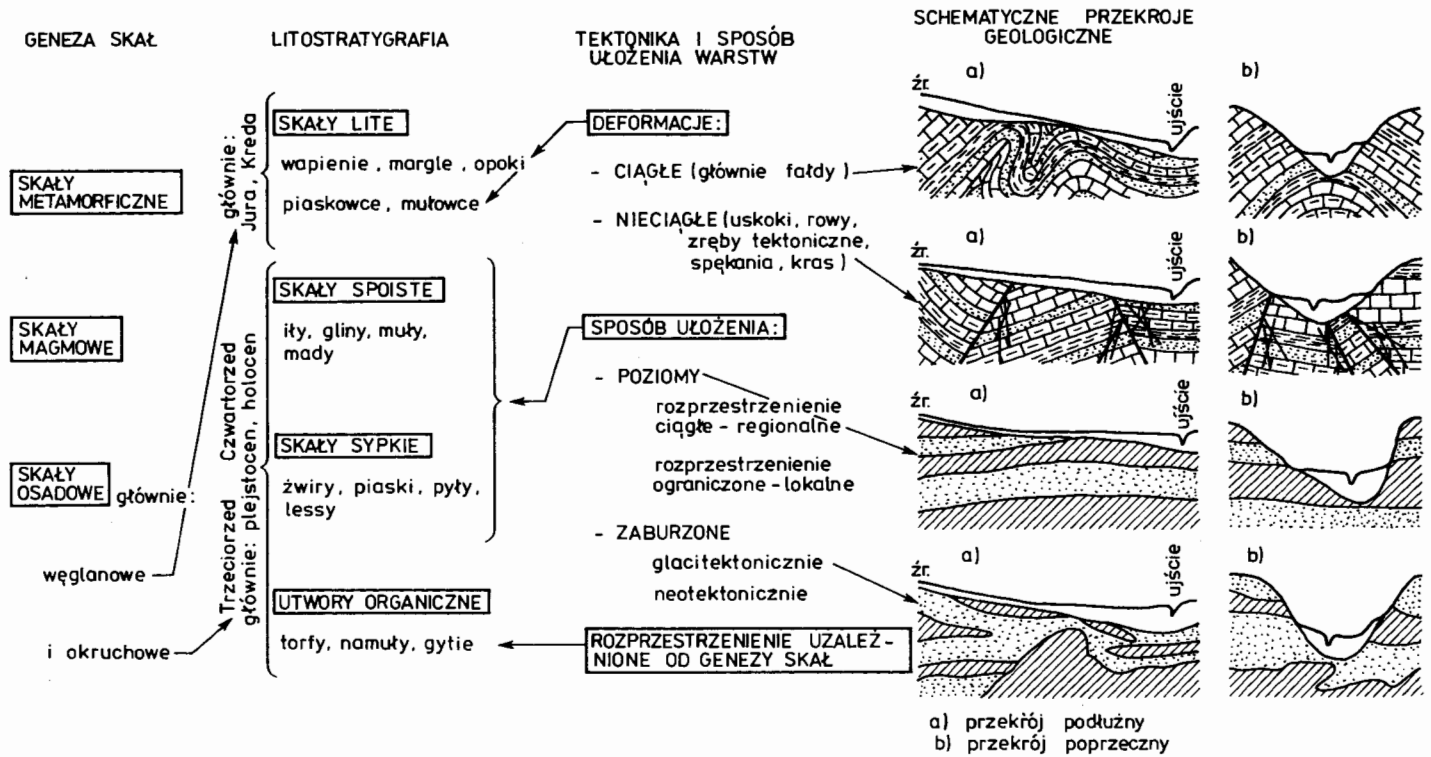
Rys. 1. Czynniki kształtujące podziemne zasilanie dolin rzecznych

B. J e d n o s t k i m o r f o l o g i c z n e. Wśród jednostek geomorfologicznych niewątpliwie dużą rolę odgrywają prowincje i regiony, w których znajduje się zlewnia i dolina rzeczna, jednak bezpośrednie znaczenie w kształtowaniu się warunków hydrogeologicznych mają jednostki morfogenetyczne występujące szczególnie w dolinach, np. wydmy, starorzecza, zagłębienia powytopiskowe i inne (rys. 3).



Rys. 3. Formy geomorfologiczne

C. W a r u n k i h y d r o g e o l o g i c z n e. Najistotniejsze dla podziemnego zasilania dolin, a uwarunkowane wyżej omówionymi czynnikami, są warunki hydrogeologiczne, przez które należy rozumieć środowisko hydrogeologiczne, tj. zróżnicowanie możliwości przewodzenia wody przez skały zależnie od jej rodzaju, podstawowe parametry hydrogeologiczne skał określające zdolności przewodzenia wody



Rys. 2. Czynniki geologiczne

ŚRODOWISKO HYDROGEOLOGICZNE

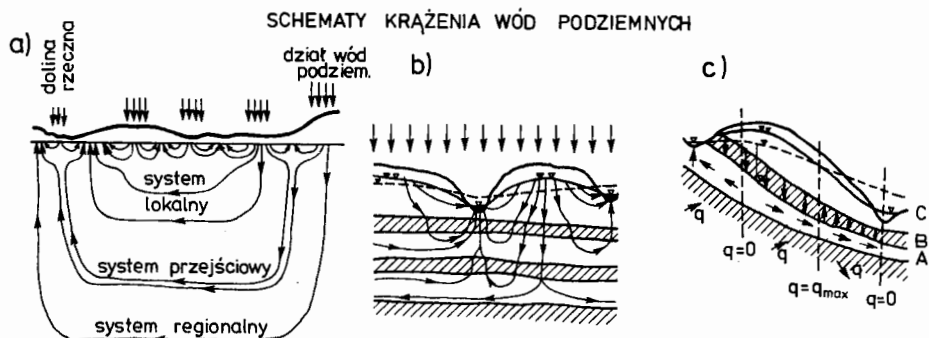
SKAŁY PRZEPUSZCZALNE
SKAŁY WODONOŚNE
SKAŁY SŁABO PRZEPUSZCZALNE
SKAŁY NIEPZEPUSZCZALNE

PODSTAWOWE PARAMETRY HYDROGEOLOGICZNE
--

MIAŹSZOŚĆ WARSTWY
WSPÓŁCZYNNIK FILTRACJI
PRZEWODNOŚĆ WODNA
WSPÓŁCZYNNIK INFILTRACJI
POROWATOŚĆ
ODSĄCZALNOŚĆ
WYSOKOŚĆ CIŚNIENIA

RODZAJ OŚRODKA

WARSTWOWY
jednowarstwowy
wielowarstwowy
SZCZELINOWATY



Rys. 4. Warunki hydrogeologiczne

a - wg Wallicka i Totha (1963), b - wg Llamsa i Cruces de Abia (1978),

c - wg Macioszczyka (1982)

w ośrodku warstwowym bądź szczelinowym o zasięgu regionalnym lub lokalnym, jak to przedstawiono na schematach krążenia wód podziemnych (rys. 4).

JEDNOSTKI HYDROLOGICZNO-HYDROGEOLOGICZNE JAKO REGIONALNE SYSTEMY WSPÓŁZALEŻNOŚCI WÓD PODZIEMNYCH I POWIERZCHNIOWYCH

Analizując schematy krążenia wód podziemnych, szczególnie w układzie regionalnym, należy mieć na uwadze sieć hydrograficzną występującą w danym regionie, gdyż doliny tych rzek są najczęściej obszarami drenażu dla wód podziemnych lokalnego bądź dalekiego krążenia, a więc obszarami zasilania przez te wody. Celowe jest dlatego ustalenie i rozpoznanie jednostek hydrologiczno-hydrogeologicznych obejmujących regionalny system orohydrograficzny oraz system hydrogeologiczny.

Za jednostkę hydrologiczno-hydrogeologiczną uważa się jedną lub kilka rzek tego samego rzędu wraz z ich zlewniami, mającymi wspólny obszar zasilania i drenażu. Model przestrzenny takiej jednostki może wykazywać duże zróżnicowanie zasięgu i miąższości kolejnych warstw

bądź stref (w skałach spękanych) wodonośnych drenowanych przez rzeki.

W dorzeczu Wisły jednostką hydrologiczno-hydrogeologiczną drugiego rzędu jest między innymi jednostka Nida-Pilica, która obejmuje głównie obszar Gór Świętokrzyskich. Są one obszarem źródłiskowym wielu rzek drugiego rzędu, tj. Nidy, Iżanki, Kamiennej, Radomki i częściowo Pilicy, której zlewnia wyznacza zachodnią granicę. Jednostka ta ma bardzo skomplikowaną budowę geologiczną, charakteryzującą się licznymi dyslokacjami tektonicznymi. W wyniku tego warunki hydrogeologiczne są skomplikowane, lecz, jak wykazały przeprowadzone w tym obszarze badania, wody szczelinowe strefy przypowierzchniowej są drenowane przez rzeki przepływające przez masyw świętokrzyski oraz lewobrzeżną część doliny Wisły i jej koryto na odcinku od ujścia Nidy do ujścia Pilicy.

Inną jednostkę hydrologiczno-hydrogeologiczną drugiego rzędu stanowi obszar zlewni Wkra-Drwęca wraz ze Skrwą. Jednostka ta ma powierzchnię około 12 tys. km², a miąższość jej wynosi przeciętnie 150 m. Wspólnym obszarem źródłiskowym jest tu rejon Garbu Lubawskiego po Nidzicę, przy czym wszystkie trzy zlewnie zbudowane są z utworów plejstoceniowych i holoceniowych, a rzeki płyną z północy na południe. Taki kierunek ma również główny strumień wód podziemnych, dla którego obszarem drenażu są ujściowe odcinki Wkry, Skrwy i Drwęcy oraz Wisła na odcinku od ujścia Narwi do ujścia Drwęcy. Jest to masyw skalny o zróżnicowanej budowie litologicznej i różnych warunkach hydrogeologicznych jeśli chodzi o przepływ wód podziemnych. Analiza rzędnych ukształtowania powierzchni zwierciadła wód podziemnych wykazała, że w układzie pionowym istnieje więź hydrauliczna między poszczególnymi zasadniczymi warstwami zawodnionymi na obszarach omawianych trzech zlewni, a wspólny dla nich poziom wodonośny stanowią interglacjalne utwory piaszczyste. W jednostce tej można spotkać również niewielkie obszary, na których występują odizolowane od całego kompleksu, pojedyncze, zawodnione przewarstwienia, tworzące często jednostki niższego rzędu (np. zlewnie rzek V lub VI rzędu). Mają one wówczas tylko lokalne znaczenie, nie zmieniając w sposób zasadniczy ogólnego zarysu warunków hydrogeologicznych badanej jednostki hydrogeologicznej wyższego rzędu. W wyniku przeprowadzonych badań stwierdzono, że maksymalne rzędne położenia zwierciadła swobodnego

i piezometrycznego wód podziemnych występują na obszarach wododziałów powierzchniowych, gdzie z reguły układają się one na takich samych wysokościach bezwzględnych. Miejscami zwierciadło swobodne występuje na wyższych rzędnych niż zwierciadło piezometryczne. Taki układ powierzchni zwierciadła swobodnego i piezometrycznego wód podziemnych świadczy o zasilaniu głębszych partii tych obszarów przez zawodnienia przypowierzchniowe warstwy wodonośnej o zwierciadle swobodnym.

Jednostkę hydrologiczno-hydrogeologiczną niższego rzędu, tj. III, stanowią w dorzeczu Wisły zlewnie rzek Pisy i Omulwi. Znajdują się one w obrębie dużej jednostki geomorfologicznej, którą jest sandr kurpiowski, określający swym zasięgiem granicę jednostki hydrogeologicznej.

Wspólny obszar źródłiskowy rzek: Pisy, Szkwy, Rozogi i Omulwi jest jednocześnie wododziałem dorzecza Wisły i Pregoły, który przebiega przez najwyższe wzniesienia Pojezierza Mazurskiego. Ogólnie zlewnie podziemne tych rzek są prawie jednorodne, gdyż formują je sandrowe utwory piaszczyste o przeciętnej miąższości 20-30 m. Obszar ten to równina o bardzo małych deniwelacjach powierzchni terenu. Pod względem hydrogeologicznym jest jednostką mało zróżnicowaną, gdyż dominują tu warstwy wodonośne o zwierciadle swobodnym, a ich cechą są bardzo małe spadki hydrauliczne. Wspólny obszar drenażu, w kierunku którego odbywa się główny przepływ wód podziemnych stanowi prawobrzeżna część doliny Narwi.

Jak wynika z badań, określone jednostki hydrologiczno-hydrogeologiczne mają wspólne:

- a) strefy źródłiskowe, które świadczą o intensywnym odpływie podziemnym i są jednocześnie początkiem cieków powierzchniowych;
- b) strefy dolin i rzek intensywnie zasilane wodami podziemnymi pochodzącymi z nadcięcia regionalnych warstw wodonośnych;
- c) strefy ujściowe dolin i rzek oraz fragmenty doliny rzeki wyższego rzędu, stanowiące obszary intensywnego drenażu wód podziemnych.

ZLEWNIE PODZIEMNE

Zlewnia podziemna to hydrogeologiczna jednostka przestrzenna ograniczona długością, szerokością i głębokością, wypełniona określonymi skałami oraz mająca obszary zasilania i obszary drenażu.

Długość i szerokość zlewni, analogicznie do zlewni powierzchniowej, wyznacza dział wód podziemnych ustalony na podstawie mapy hydroizohips, który w skałach sypkich i spoistych przeważnie pokrywa się z przebiegiem wododziału powierzchniowego; bądź nie pokrywa się, co często zdarza się w ośrodku szczelinowatym.

Głębokość, inaczej miąższość kompleksu skał stanowiących zlewnię podziemną, wylicza się z różnic rzędnych obszaru źródłiskowego rzeki i dna doliny recypięta, a więc rzeki wyższego rzędu.

Zasilanie zlewni może następować przez bezpośrednią infiltrację opadów atmosferycznych w strefach wododziałowych i wychodniach warstw wodonośnych lub pośrednią - przez okna hydrogeologiczne, drogą odsączania warstw słabo przepuszczalnych, jeziora, strefy intensywnych spękań, nawadnianie itp.

Obszary drenażu wód podziemnych w zlewniach rzecznych to przede wszystkim własna dolina rzeczna z dołymi i dolina rzeki wyższego rzędu, zagłębienia bezodpływowe, jeziora, obszary intensywnej eksploatacji wód podziemnych, melioracyjne urządzenia odwadniające.

Rodzaje zlewni podziemnych. Przyjmując za strukturę geologiczną kompleks skał o zbliżonej litostratygrafii i określonej tektonice bądź sposobie ułożenia warstw, można wyróżnić dwa typy zlewni podziemnych zależnie od litologii skał, z których jest zbudowana:

A - skał litych,

B - skał sypkich i spoistych

oraz rodzaje zlewni podziemnych:

a - wielostrukuralne,

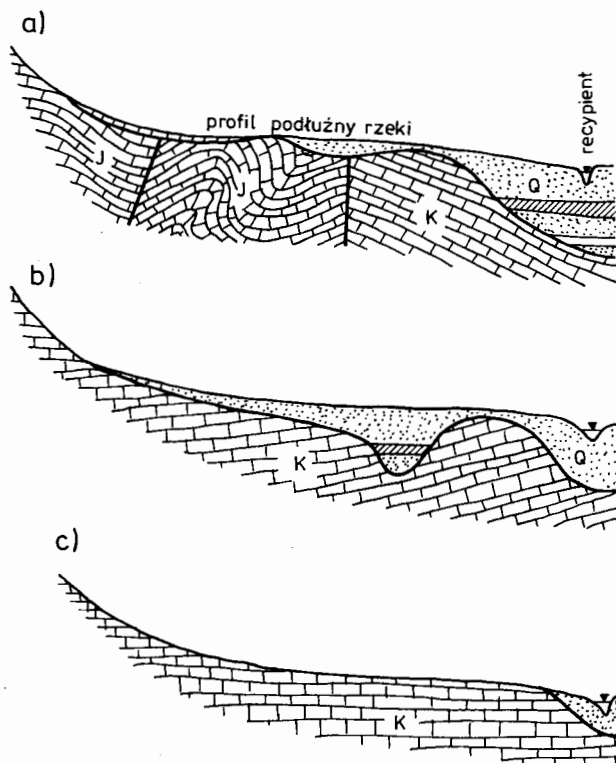
b - dwustrukuralne,

c - jednostrukuralne.

W przypadku każdego z przedstawionych typów i rodzajów zlewni inne czynniki strukturalne odgrywają rolę wiodącą. Wstępnie zlewnie podzielić można na kilka grup:

- typ Aa, w którym zasadnicze znaczenie ma tektonika, szczelinowość skał, a na pewnych obszarach kras oraz zwietrzelina skał (tj. jej rodzaj i ciągłość występowania oraz miąższość);

- typ Ab, w którym, podobnie jak w typie Aa, najistotniejsza jest



Rys. 5. Typy strukturalne zlewni podziemnych na obszarach skał węglanowych

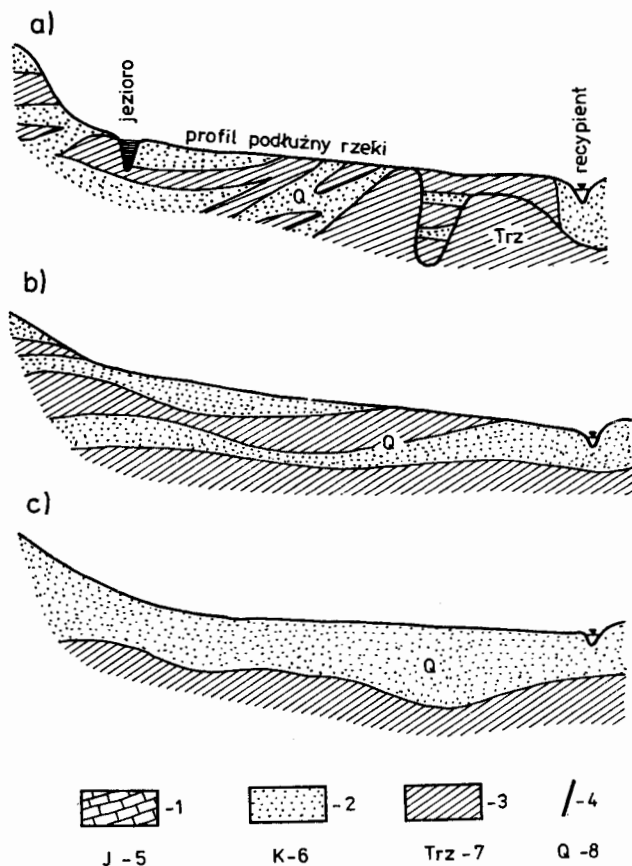
a - schemat zlewni wielostrukturalnych (Aa), b - schemat zlewni dwustrukturalnych (Ab), c - schemat zlewni jednostrukturalnych (Ac).
Pozostałe objaśnienia jak na rys. 6

litologia, szczelinowość i tektonika. Doliny rzeczne w tym typie zlewni są na ogół głęboko wcięte, wąskie i na określonych odcinkach intensywnie drenują szczelinowe wody podziemne;

- typ Ac, podobnie jak Ab, lecz w mniejszej skali, a decydująca jest tu litologia skał i ich szczelinowość;

- typ Ba, dla którego trudno obecnie ustalić czynniki strukturalne o zasadniczym znaczeniu w kształtowaniu się zlewni podziemnych. Dotychczas niedostatecznie zbadana jest rola jezior i wzgórz moren czołowych jako obszarów zasilania, a zagłębień wytopiskowych, dolin kopalnych i innych form morfologicznych - jako obszarów drenażu;

- typ Bb, w którym znaczne obszary pokryte są gliną zwałową z zalegającą pod nią warstwą wodonośną przewodzącą wody pod ciśnieniem. Przeważający obszar zlewni mieści się w obrębie jednej jednostki morfologicznej i tylko niewielkie fragmenty zlewni mogą stanowić inne



Rys. 6. Typy strukturalne zlewni podziemnych na obszarach skał sypkich i spoistych

a - schemat zlewni wielostrukturalnych (Ba), b - schemat zlewni dwustrukturalnych (Bb), c - schemat zlewni jednostrukturalnych (Bc);
 1 - skały lite węglanowe, 2 - skały sypkie, 3 - skały spoiste,
 4 - uskoki, 5 - jura, 6 - kreda, 7 - trzeciorzęd, 8 - czwartorzęd

jednostki. Najistotniejsze znaczenie w tym typie zlewni ma dlatego określenie obszarów zasilania i drenażu głównej warstwy wodonośnej, a także określenie odsączalności warstwy słabo przepuszczalnej występującej nad warstwą wodonośną;

- typ Bc, w którym zasadnicze znaczenie ma jednostka morfologiczna złożona zazwyczaj z jednej lub kilku zlewni.

DOLINY RZECZNE

Wydzielone trzy rodzaje zlewni podziemnych wskazują wyraźnie na podwójną rolę doliny rzecznej, tzn. jako obszaru drenażu wód ze zlew-

ni podziemnej na całej długości rzeki oraz w poszczególnych jej częściach.

Z uwagi na nie rozpoznaną dotychczas w pełni złożoność genetyczną tych zjawisk, ich zmienność w przestrzeni i czasie, najistotniejsze znaczenie ma ustalenie stosunku wód podziemnych występujących w utworach dolinowych do wód zasadniczej warstwy wodonośnej całej zlewni podziemnej bądź określonej jej struktury. Mając to na uwadze, można wydzielić dwa zasadnicze rodzaje dolin.

D o l i n y d r e n u j ą c e . Są to doliny bezpośrednio zasilane wodami ze zlewni podziemnych, a więc doliny, w których istnieje pełna więź hydrauliczna między wodami w utworach aluwialnych i zasadniczą warstwą wodonośną zlewni podziemnej. Należą tu doliny rzeczne głównie zlewni jednostrukturalnych z wodami podziemnymi o zwierciadle swobodnym oraz częściowo zlewnie dwu- i wielostrukturalne, przede wszystkim w obrębie struktur przewodzących wody podziemne o zwierciadle swobodnym.

Doliny pośrednio zasilane wodami podziemnymi, są to doliny zlewni podziemnych, w których jedna bądź kilka warstw wodonośnych przewodzi wody pod ciśnieniem, a dolina oddzielona jest od zasadniczej warstwy wodonośnej warstwą słabo przepuszczalną, utrudniającą więź hydrauliczną między tymi wodami. Należą tu doliny zlewni dwu- i wielostrukturalnych.

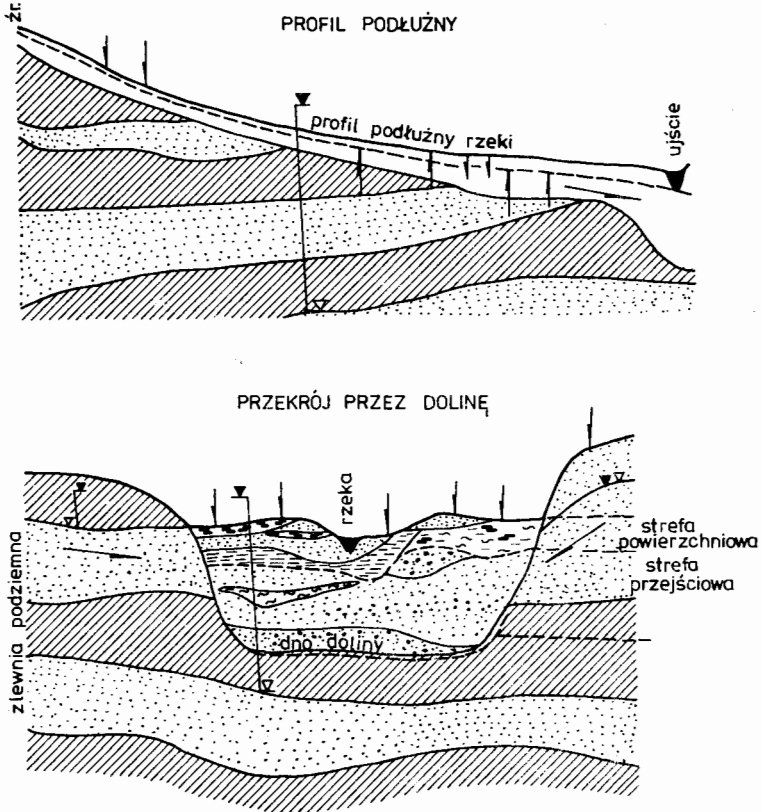
D o l i n y a l i m e n t u j ą c e . W środkowej i północnej Polsce są to zazwyczaj odcinki ujściowe dolin, w których silniejsze jest oddziaływanie drenujące doliny i rzeki wyższego rzędu niż własnej. Innym przykładem mogą być odcinki rzek i dolin zasilające przez doliny kopalne doliny innych rzek.

Przy określaniu zasilania dolin rzecznych wodami podziemnymi istotne znaczenie ma **s p o s ó b**, w jaki ono się odbywa. Zasilanie może być bezpośrednio przez infiltrację opadów atmosferycznych, wód wezbraniowych i roztopowych, oraz pośrednie - za pomocą odsączalności z utworów organicznych i słabo przepuszczalnych występujących na powierzchni doliny oraz przez dopływ bocznych wód podziemnych.

Ze względu na litografię i morfogenezę utworów wypełniających dolinę można w niej wyróżnić trzy strefy, w których różne czynniki decydują o sposobie zasilania doliny.

Strefa	Grupa czynników decydujących o zasileniu	Utwory wypełniające dolinę
Strefa przypowierzchniowa o miąższości rzędu 2-10 m	atmosferyczne, morfogenetyczne, antropogeniczne	aluwia, deluwia, zastoiskowe, eoliczne, hydrogeniczne
Strefa przejściowa o miąższości rzędu 5-20 m	litogeneza	deluwia, utwory fluwioglacjalne, zastoiskowe, jeziorne, rzadziej glacialne
Strefa kontaktu dna doliny i zlewni podziemnej o miąższości kilku metrów	hydrogeologiczne	utwory glacialne, interglacialne, zwietrzelina skał litych, skały przedczwartorzędowe

Na rysunku 7 przedstawiono zróżnicowanie sposobów zasilania dolin rzecznych wzdłuż ich biegu oraz w przekroju poprzecznym przez dolinę.



Rys. 7. Zróżnicowanie warunków zasilania dolin rzecznych wodami podziemnymi

	Górny odcinek rzeki		Środkowy odcinek rzeki		Dolny, ujściowy odcinek rzeki
	I	II	III		IV
	obszar źródłowy-wyżyna	obszar przejściowy między wyżyną i równiną	IIIa równina z własną doliną	IIIb równina z doliną adaptowaną	
Schemat zmian warunków współzależności wód podziemnych i powierzchniowych wzdłuż biegu rzeki					
Stosunek zasilania Q_z do odpływu Q_o	$Q_z = Q_o$	$Q_z > Q_o$ lub $Q_z = Q_o$	$Q_z > Q_o$	$Q_z < Q_o$	$Q_z < Q_o$
Uwilgotnienie doliny	stosunki wilgotnościowe prawidłowe	przy przewadze zasilania nad odpływem okresowo (wiosna) może występować nadmierne uwilgotnienie doliny	stosunki wilgotnościowe wymagają regulacji, tj. okresowego nawodnienia	regulowanie dwustronne: nawadniająco-odwadniająco	przy przewadze odpływu nad zasilaniem okresowo (lato) może wystąpić przesuszenie

Skutki zróżnicowania zasilania podziemnego w poszczególnych fragmentach doliny odzwierciedlać się mogą w intensywności uwilgotnienia profilu glebowego. Próbę podsumowania tych procesów przedstawiono w zestawieniu.

PODSUMOWANIE

Dotychczasowe badania, oparte głównie na obserwacjach powierzchniowych i przypowierzchniowych wykonanych wcześniej, zupełnie w innym celu i o różnie zlokalizowanych wierceniach, przybliżają nam w pewnym stopniu rozpoznanie jakościowe zróżnicowanego zasilania doliny, a otrzymane i podawane stąd wielkości należy traktować jako szacunkowe.

Do potrzeb projektowania i wykonawstwa urządzeń melioracyjnych takie rozpoznanie jest niewystarczające. Musi więc być poczyniony następny krok i dokonane winno być hydrogeologiczne rozpoznanie i określenie ilościowe.

Jest rzeczą bardzo istotną ustalenie ilości wody podziemnej dopływającej z wysoczyzny, a więc ze zlewni podziemnej do doliny. W tym celu muszą być spełnione trzy warunki:

- ustalenie zróżnicowania podziemnego zasilania doliny z obu brzegów i dynamiki przebiegu zjawiska;
- ustalenie granic zasilania i parametrów hydrogeologicznych wierceniemi i obserwacjami;
- dobór odpowiednich formuł matematycznych opisujących stwierdzony przebieg zjawisk i zastosowanie odpowiedniej techniki obliczeniowej.

Regina Poźniak

FEEDING OF RIVER VALLEYS WITH UNDERGROUND WATERS

S u m m a r y

Factors affecting the underground feeding of river valleys are presented in the paper. Geologic, morphologic and hydrogeologic conditions of the river valley belong to them. These problems are pre-

sented in the regional aspect in relation to the hydrogeologico-hydrologic conditions. In case of the underground river catchment area smallest among them factors responsible for feeding of river valleys have been determined. The underground feeding of particular valley fragments and its consequences in the form of variable soil profile moistening intensity are presented schematically against this background.

Регина Позняк

ПИТАНИЕ РЕЧНЫХ ДОЛИН ПОДЗЕМНЫМИ ВОДАМИ

Р е з ю м е

В статье рассматриваются факторы влияющие на подземное питание речных долин. К ним принадлежат геологические, морфологические и гидрогеологические условия, в которых находится речная долина. Указанные проблемы представлены в региональном аспекте по отношению к гидрогеологическо-гидрологическим единицам. В случае наименьшей из них, подземного речного водосбора, показываются признаки решающие для питания речных долин. На этом фоне приводится схема питания подземными водами отдельных фрагментов долины, а также его последствия в виде изменчивой интенсивности увлажнения почвенного профиля.