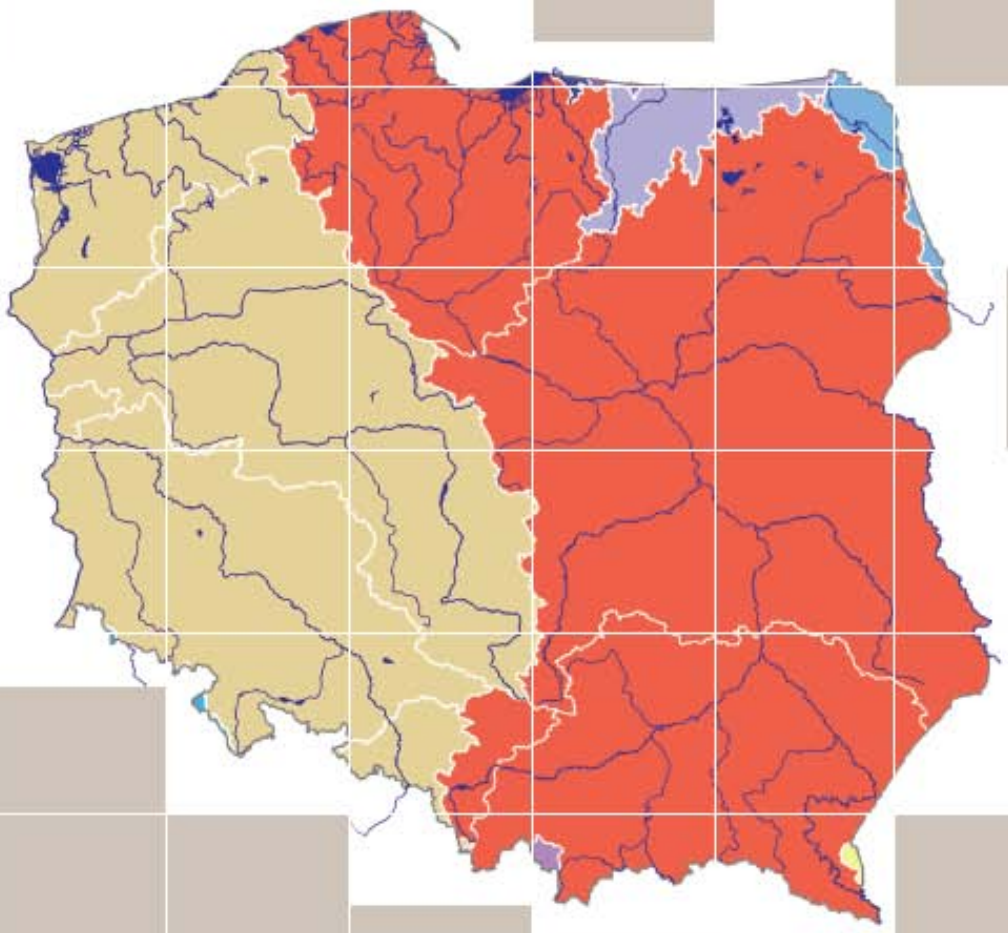
BILANS WODNOGOSPODARCZY WÓD PODZIEMNYCH Z UWZGLĘDNIENIEM ODDZIAŁYWAŃ Z WODAMI POWIERZCHNIOWYMI W DORZECZU WISŁY



Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy

Piotr Herbich, Elżbieta Przytuła

BILANS WODNOGOSPODARCZY WÓD PODZIEMNYCH Z UWZGLĘDNIENIEM ODDZIAŁYWAŃ Z WODAMI POWIERZCHNIOWYMI W DORZECZU WISŁY

Informator
PAŃSTWOWEJ SŁUŻBY HYDROGEOLOGICZNEJ

Wykonano na zamówienie
Krajowego Zarządu Gospodarki Wodnej
za środki wypłacone przez Narodowy Fundusz
Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej

Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy
Warszawa 2012

Przygotowanie ilustracji z baz danych: *Grzegorz Mordzonek*

Redakcja i projekt typograficzny: *Janina Małecka*

Projekt okładki: *Magdalena Sędek*

Akceptował do druku dnia 26.03.2012 r.
Zastępca dyrektora Państwowego Instytutu Geologicznego
– Państwowego Instytutu Badawczego
Dyrektor ds. państwowej służby hydrogeologicznej
dr Lesław Skrzypczyk

© Copyright by Państwowy Instytut Geologiczny
– Państwowy Instytut Badawczy, Warszawa 2012

ISBN 978-83-7538-968-5

Adres redakcji:
Zakład Publikacji
Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy
ul. Rakowiecka 4, 00-975 Warszawa; tel. 22 459 2480

Druk: ARGRAF Sp. z o.o.,
ul. Jagiellońska 80, 03-301 Warszawa

SPIS TREŚCI

Wstęp 5

1. Formalne i merytoryczne uwarunkowania bilansu wodnogospodarczego 7

2. Definicje wybranych pojęć 13

3. Stan rozpoznania zasobów wód podziemnych dostępnych do zagospodarowania 20

4. Metodyka bilansu wodnogospodarczego wód podziemnych z uwzględnieniem oddziaływań z wodami powierzchniowymi 25

4.1. Wykorzystane materiały studialne i bazy danych wejściowych 25

4.2. Rola czynników hydrogeologicznych i środowiskowych w kształtowaniu składników bilansu wodnogospodarczego 26

4.3. Bilans hydrogeologiczny i wodnogospodarczy 29

4.4. Pobór wód podziemnych i stopień zwrotu ścieków do rzek bilansowanej zlewni 32

4.5. Gwarantowane dostępne do zagospodarowania zasoby wód podziemnych zlewni bilansowej i rejonu wodnogospodarczego 33

4.6. Stan rezerw $\Delta ZDGw_{RWG}$ zasobów wód podziemnych dostępnych do zagospodarowania w rejonie wodnogospodarczym wód podziemnych 37

4.7. Wpływ poboru wód podziemnych na przepływ rzeki (*SQ*, *QG*) w przekroju wodowskazowym zamykającym zlewnię bilansową 39

5. Charakterystyka obszarów bilansowych w obszarze dorzecza Wisły 43

5.1. Jednostki bilansowe w regionie wodnym Małej Wisły 43

5.2. Jednostki bilansowe w regionie wodnym Górnej Wisły 46

5.3. Jednostki bilansowe w regionie wodnym Środkowej Wisły 52

5.4. Jednostki bilansowe w regionie wodnym Dolnej Wisły 63

6. Wyniki bilansu wodnogospodarczego z uwzględnieniem oddziaływań z wodami powierzchniowymi 71

6.1. Region wodny Małej Wisły 71

6.2. Region wodny Górnej Wisły 80

6.3. Region wodny Środkowej Wisły 89

6.4. Region wodny Dolnej Wisły 100

7. Podsumowanie wyników 113

Literatura 119

WSTĘP

Państwowa służba hydrogeologiczna (PSH) została powołana na mocy ustawy Prawo wodne z dnia 18 lipca 2001 roku (Dz.U. 2012, nr 0, poz. 145 z dnia 9.02.2012) a jej zadania wykonuje Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy.

Ustawa Prawo wodne implementuje zapisy dyrektyw Unii Europejskiej, regulujących zagadnienia związane z gospodarką wodną i ochroną wód przed zagrożeniami, w tym m.in. Dyrektywy 2000/60/WE ustanawiającej ramy działań Unii Europejskiej w dziedzinie polityki wodnej, Dyrektywy 2006/118/WE w sprawie ochrony wód podziemnych przed zanieczyszczeniami i pogorszeniem ich stanu oraz Dyrektywy 91/676/EWG dotyczącej ochrony wód przed zanieczyszczeniami powodowanymi przez azotany pochodzenia rolniczego.

Zgodnie z zapisem art. 102 ustawy Prawo wodne, państwowa służba hydrogeologiczna (PSH) wykonuje zadania państwa na potrzeby rozpoznawania, bilansowania i ochrony wód podziemnych w celu ich racjonalnego wykorzystania przez społeczeństwo i gospodarkę. Celem funkcjonowania państwowej służby hydrogeologicznej jest ograniczenie degradacji wód podziemnych przeznaczonych głównie do konsumpcji oraz dążenie do prawidłowego gospodarowania zasobami wód podziemnych, stanowiących podstawę zaopatrzenia w wodę do spożycia około 70% ludności Polski. Jest to zgodne z przyjętą polityką ekologiczną państwa.

Wyniki prac państwowej służby hydrogeologicznej są wykorzystywane przez organy władzy publicznej do realizacji polityki zrównoważonego rozwoju państwa, w tym przy wykonywaniu zadań osłonowych w zakresie gospodarki wodnej, przy sporządzaniu raportów i sprawozdań dla Komisji Europejskiej, wynikających z realizacji wspomnianych wyżej dyrektyw.

Niniejsze opracowanie jest kolejnym *Informatorem państwowej służby hydrogeologicznej*. Stanowi pierwszą część publikacji, w której podsumowane zostaną wyniki prac prowadzonych przez PSH w latach ubiegłych, dotyczących zadania „Ustalenie możliwych do zagospodarowania zasobów wód podziemnych i przeprowadzenie bilansu wodnogospodarczego z uwzględnieniem oddziaływań z wodami powierzchniowymi". Pierwsza część odnosi się do dorzecza Wisły (obszar dorzecza Wisły zdefiniowano zgodnie z Rozporządzeniem Rady Ministrów z dnia 27 czerwca 2006 r. w sprawie przebiegu granic obszarów dorzeczy i regionów wodnych – Dz.U. 2006, nr 126, poz. 878 z późn. zm.).

Metodyka przeprowadzania bilansu wodnogospodarczego zlewniowych systemów wodonośnych, z uwzględnieniem oddziaływania poboru i zużycia wód podziemnych na przepływy rzeczne, została opracowana i wdrożona do realizacji przez Piotra Herbicha.

Obliczenia elementów bilansu wodnogospodarczego wód podziemnych zostały wykonane przez hydrogeologów w Państwowym Instytucie Geologicznym – Państwowym Instytucie Badawczym w ramach działalności państwowej służby hydrogeologicznej w latach 2008–2011,

w następującym składzie: Józef Chowaniec, Jolanta Czerwińska-Tomczyk, Sławomir Filar, Piotr Freiwald, Piotr Herbich, Piotr Gałkowski, Marzena Jarmułowicz-Siekiera, Zbigniew Kordalski, Mirosław Lidzbarski, Rafał Łusiak, Rafał Majewski, Grzegorz Mordzonek, Magdalena Nidental, Tomasz Operacz, Piotr Owsiak, Robert Patorski, Jan Prażak, Elżbieta Przytuła, Artur Rysak, Anna Stachura, Łukasz Śliwiński, Dorota Węglarz, Krzysztof Witek, Ewelina Zawadzka, Marcin Zembal. Prace w ramach kooperacji realizował zespół z firmy Hydroconsult Spółka z o.o. Oddział w Warszawie, w składzie: Czesław Nowakowski, Krzysztof Nowicki, Monika Czerwińska, Barbara Grzebulska, Alicja Sobolewska, Arkadiusz Węgrzyn, Magdalena Woźniak, Agnieszka Żerebiec-Chmielewska. Tematem kierowała Elżbieta Przytuła.

W trakcie realizacji tematu przeprowadzono konsultacje naukowe, dotyczące wybranych zagadnień z dziedziny metodyki zestawiania bilansów wodnogospodarczych wód podziemnych i wód powierzchniowych oraz regionalnych zagadnień gospodarki wodnej. Konsultantami byli: Iwona Biedroń, Stanisław W. Czaja, Dorota Dybkowska-Stefek, Marek Kachnic, Jacek Kapuściński, Andrzej Kowalczyk, Bohdan Kozerski, Arkadiusz Krawiec, Aleksandra Macioszczyk, Marek Michniewicz, Jan Przybyłek, Sylwester Tyszewski, Tomasz Walczykiewicz, Beniamin Więzik.

Opracowanie jest adresowane głównie do administracji państwowej i samorządowej, hydrogeologów oraz osób i instytucji zajmujących się gospodarką wodną i szeroko rozumianą ochroną środowiska.

1. FORMALNE I MERYTORYCZNE UWARUNKOWANIA BILANSU WODNOGOSPODARCZEGO

Zachowanie nadrzędnej zasady zrównoważonego rozwoju wymaga korzystania z zasobów wodnych w sposób zapewniający zaspokojenie potrzeb przyszłych pokoleń i ochrony środowiska. Stopień wykorzystania zasobów wód podziemnych kontrolowany jest bilansem wodnogospodarczym, w którym pobór wód podziemnych porównywany jest z zasobami dostępnymi do zagospodarowania.

Zgodnie z celem wyznaczonym przez Dyrektywę 2000/60/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 23 października 2000 r., ustanawiającą ramy wspólnotowego działania w dziedzinie polityki wodnej (Directive 2000/60/EC) – zwaną dalej Ramową Dyrektywę Wodną lub w skrócie RDW – jakim jest osiągnięcie i utrzymanie dobrego stanu wód podziemnych, stanowiących źródło zaopatrzenia w wodę pitną i czynnik kształtujący stan ekosystemów od nich zależnych, za zasoby dostępne do zagospodarowania uznaje się średnią z wielolecia wielkość całkowitego zasilania wód podziemnych określonego obszaru bilansowego, pomniejszoną o średnią z wielolecia wielkość przepływu wymaganego do osiągnięcia celów jakości ekologicznej dla związanych z nimi wód powierzchniowych i ekosystemów lądowych zależnych od wód podziemnych oraz określoną z zachowaniem warunku nie pogarszania stanu chemicznego wód podziemnych (patrz rozdz. 2).

Podstawowym etapem oceny stanu ilościowego wód podziemnych w analizowanej jednostce hydrogeologicznej jest zatem analiza wyniku bilansu zasobów wód podziemnych dostępnych do zagospodarowania i poboru wód podziemnych.

Należy tu podkreślić, że elementy uwzględniane w ocenie stanu ilościowego wód podziemnych – zasilanie i pobór wód podziemnych, ekologiczne wymagania ekosystemów wodnych i lądowych zależnych od wód podziemnych oraz zmiany chemizmu wód podziemnych – są określane z różnym stopniem dokładności i wiarygodności. Zarówno one, jak i czynniki kształtujące ich wielkość są dynamicznie zmienne w czasie i przestrzeni, a ich przebieg nie jest w pełni rozpoznany tak pod względem ilościowym, jak i jakościowym.

Zasoby wód podziemnych obszaru bilansowego dostępne dla zagospodarowania są wyznaczane jako część zasobów odnawialnych poziomów wodonośnych o właściwościach użytkowych – spełniających wymagania hydrogeologicznych i technicznych kryteriów dla ujmowania wód podziemnych przez użytkowników o poborze i potrzebach wodnych uwzględnianych w bilansie wodnogospodarczym. Użytkowe poziomy wodonośne obszaru bilansowego wykazują zróżnicowane warunki hydrogeologiczne dla infiltracji wód opadowych, wpływające na stopień ich zależności od sytuacji hydrologicznej w okresach reprezentatywnych dla oceny zasobowej. Zróżnicowanie warunków hydrogeologicznych zmienia się od sytuacji bezpośredniego zasilania infiltracyjnego opadami atmosferycznymi poprzez strefę aeracji do

poziomu o swobodnym zwierciadle wody, po sytuację pośredniego przesączania do poziomu wgłębnego o napiętym zwierciadle przez jego nadkład, zbudowany z kilku płytszych poziomów wodonośnych. W pierwszym przypadku zasoby dostępne do zagospodarowania powinny być ustalane z uwzględnieniem zasilania wód podziemnych średniego w kilkuletnich okresach posusznych, w drugim przypadku zasoby dostępne mogą być wyznaczane na podstawie wartości średnich z wielolecia, tzw. normalnego.

Ustalanie odnawialnych zasobów wód podziemnych i zasobów dyspozycyjnych jako dostępnych do zagospodarowania, identyfikacja poboru wód podziemnych oraz przeprowadzanie bilansu zasobów i poboru jest dokonywane w jednostce bilansowej, stanowiącej część obszaru bilansowego (patrz rozdz. 2). Podstawową jednostką bilansową jest rejon wodnogospodarczy, wydzielany z uwzględnieniem właściwości hydrogeologicznych oraz warunków hydrodynamicznych, kształtowanych związkiem wód podziemnych z powierzchniowymi i presją antropogeniczną (Herbich i in., 2007). Istotnym warunkiem wydzielenia rejonu wodnogospodarczego jest istnienie możliwości identyfikacji czasowej zmienności odpływu wód podziemnych do rzek w przekroju wodowskazowym z wieloletnimi pomiarami, jako podstawy dla przeprowadzenia hydrologicznej analizy dynamiki odnawialności zasobów wód podziemnych. Analiza ta prowadzi do określenia zasad przeprowadzania jednolitego bilansu wodnogospodarczego zasobów i użytkowania wód powierzchniowych i podziemnych, niezbędnego do opracowania warunków korzystania z wód zlewni i regionu wodnego (Tyszewski i in., 2008).

W metodyce przeprowadzania jednolitego bilansu wodnogospodarczego, do bilansu wód powierzchniowych wprowadzane są przepływy rzeczne, uprzednio skorygowane o wpływ zagospodarowania wód podziemnych – poboru i zrzutu powstałych ścieków (Herbich, Tyszewski, 1994a, b; Herbich, 1997; Herbich, 2002a).

Potrzeby wodne ekosystemów zależnych od wód podziemnych są w różny sposób definiowane, podobnie jak kryteria ograniczające dopuszczalny stopień antropogenicznego przekształcenia stanu pola hydrodynamicznego wód podziemnych – położenia zwierciadła, bilansu, kierunków przepływu wód podziemnych. Wystarczy wskazać na problemy formalne i metodyczne związane z wyznaczeniem wielkości przepływu nienaruszalnego rzeki jako kryterium ograniczającego stopień zagospodarowania wód podziemnych w zlewni, z której zachodzi zasilanie rzeki.

Ustawa Prawo wodne kwalifikuje pobór wód – w tym podziemnych – jako użytkowanie zwykłe, na potrzeby wodne niższe niż 5 m^3/d i nie wymagające pozwolenia wodnoprawnego (tym samym bez rejestrowania, opomiarowania poboru i wnoszenia opłat) oraz jako użytkowanie szczególne, wymagające uzyskania pozwolenia wodnoprawnego, co wiąże się z obowiązkiem opomiarowania poboru i odprowadzanych ścieków.

Nieopomiarowany pobór na potrzeby licznych indywidualnych gospodarstw domowych i rolnych, jeżeli jest prowadzony z własnych studzien ujmującymi poziom użytkowy, może mieć istotny, choć nieznany, udział w bilansie wodnogospodarczym obszaru. Praktyka wskazuje również na istnienie poboru wód podziemnych nierejestrowanego, choć ze swej istoty wymagającego pozwolenia wodnoprawnego, często wielokrotnie przekraczającego wartość 5 m^3/d (np. nawadnianie upraw rolnych), co także może stanowić znaczący udział w całkowitym poborze wód podziemnych z bilansowanego obszaru.

Opisane wyżej trudności w ustalaniu danych wejściowych do określania odnawialnych i dostępnych zasobów wód podziemnych oraz do bilansu wodnogospodarczego mają zatem

charakter zarówno formalny, jak i metodyczny. Wiążą się z nimi określone problemy, które powinny być uwzględniane w sposobie przeprowadzenia bilansu wodnogospodarczego, jeżeli jego wynik ma być w możliwie wysokim stopniu wiarygodną podstawą dla oceny stanu rezerw zasobów wód podziemnych dostępnych do zagospodarowania, ustalenia warunków korzystania z wód, wydawania decyzji administracyjnych dla udzielania pozwoleń wodnoprawnych, weryfikacji i optymalizacji użytkowania wód.

Zasoby wód podziemnych rozumiane jako możliwe do zagospodarowania są ustalane w Polsce od 1994 r. jako zasoby dyspozycyjne w trybie formalnym i metodycznym, zgodnym z obowiązującym Prawem geologicznym i górniczym (Ustawa z dnia 4.02.1994 – Dz.U. 1994, nr 27, poz. 96, Ustawa z dnia 9.06.2011 – Dz.U. 2011, nr 163, poz. 981), do którego przepisy wykonawcze sprecyzowane były w Rozporządzeniu Ministra Środowiska w sprawie dokumentacji hydrogeologicznej i dokumentacji geologiczno-inżynierskiej z dnia 23.08.1994 r. – Dz.U. 1994, nr 93, poz. 444, Rozp. MŚ z dnia 3.10.2005 r. – Dz.U. 2005, nr 201, poz. 1673, Rozp. MŚ z dnia 23.12.2011 r. – Dz.U. 2011, nr 291, poz. 1714.

Zasoby dyspozycyjne wód podziemnych ustalane dokumentacją hydrogeologiczną zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Środowiska obowiązującym od 1.01.2012 r. (Dz.U. 2011, nr 291, poz. 1714), określane są jako zasoby wód podziemnych możliwe do zagospodarowania w określonych warunkach środowiska i hydrogeologicznych, bez wskazywania lokalizacji i warunków techniczno-ekonomicznych ujęć. Zasady ustalania dyspozycyjnych zasobów, wód podziemnych zostały sprecyzowane w poradniku metodycznym (Paczyński i in., 1996).

Akcesja do Unii Europejskiej skutkowała koniecznością pełnej implementacji formalnych ustaleń Ramowej Dyrektywy Wodnej do prawodawstwa krajowego, co zostało dokonane rozszerzeniem zapisu definicji zasobów dyspozycyjnych o kryteria oceny dobrego stanu wód podziemnych (patrz rozdz. 2).

Metodyka ustaleń zasobowych i bilansowych stosowanych w pracach realizowanych w ramach zadania *„Ustalenie możliwych do zagospodarowania zasobów wód podziemnych i przeprowadzenie bilansu wodnogospodarczego z uwzględnieniem oddziaływań z wodami powierzchniowymi”* uwzględnia wymagania kryteriów wprowadzonych definicjami dobrego stanu ilościowego wód podziemnych i dostępnych do zagospodarowania zasobów wód podziemnych z dokładnością analiz opartych o identyfikację dynamiki odpływu podziemnego w przekrojach wodowskazowych zlewni rzecznych i poborów wód podziemnych określanych na podstawie wnoszonych opłat.

Prowadzona przez państwową służbę hydrogeologiczną (PSH) inwentaryzacja stanu udokumentowania zasobów dyspozycyjnych wód podziemnych wykazała, że według stanu na 31.12.2011 r. udokumentowaniem zasobów dyspozycyjnych, zgodnie z Prawem geologicznym i górniczym obowiązującym od 1994 r. (z późn. zm.), zasoby dyspozycyjne zostały ustalone dla obszarów o łącznej powierzchni 157 585,7 km^2 (50,4% powierzchni kraju).

Dla pozostałej części obszaru kraju, nie objętej do tej pory udokumentowaniem zasobów dyspozycyjnych, podstawą sporządzania bilansu wodnogospodarczego są zasoby perspektywiczne wód podziemnych. Definiuje się je jako ustalone szacunkowo – w sposób uproszczony i tymczasowo (patrz rozdz. 2) – zasoby wód podziemnych użytkowych pięter/poziomów wodonośnych możliwe do zagospodarowania, z uwzględnieniem potrzeby zachowania określonego stanu ekosystemów od nich zależnych (Herbich i in., 2003; Herbich, 2005).

Zgodnie z Rozporządzeniem Rady Ministrów z dnia 27 czerwca 2006 r. w sprawie przebiegu granic obszarów dorzeczy i regionów wodnych (Dz.U. z dn. 14 lipca 2006 r., § 4), Polska podzielona została na 10 obszarów dorzeczy i 21 regionów wodnych (fig.1):

1) obszar dorzecza Wisły:
   - region wodny Małej Wisły
   - region wodny Górnej Wisły
   - region wodny Środkowej Wisły
   - region wodny Dolnej Wisły
2) obszar dorzecza Odry:
   - region wodny Górnej Odry
   - region wodny Środkowej Odry
   - region wodny Dolnej Odry i Przymorza Zachodniego
   - region wodny Warty
3) obszar dorzecza Dniestru
   - region wodny Dniestru
4) obszar dorzecza Dunaju
   - region wodny Czarnej Orawy
   - region wodny Czadeczki
   - region wodny Morawy
5) obszar dorzecza Jarft
   - region wodny Jarft
6) obszar dorzecza Łaby
   - region wodny Izery
   - region wodny Łaby i Ostrożnicy (Upa)
   - region wodny Metuje
   - region wodny Orlicy

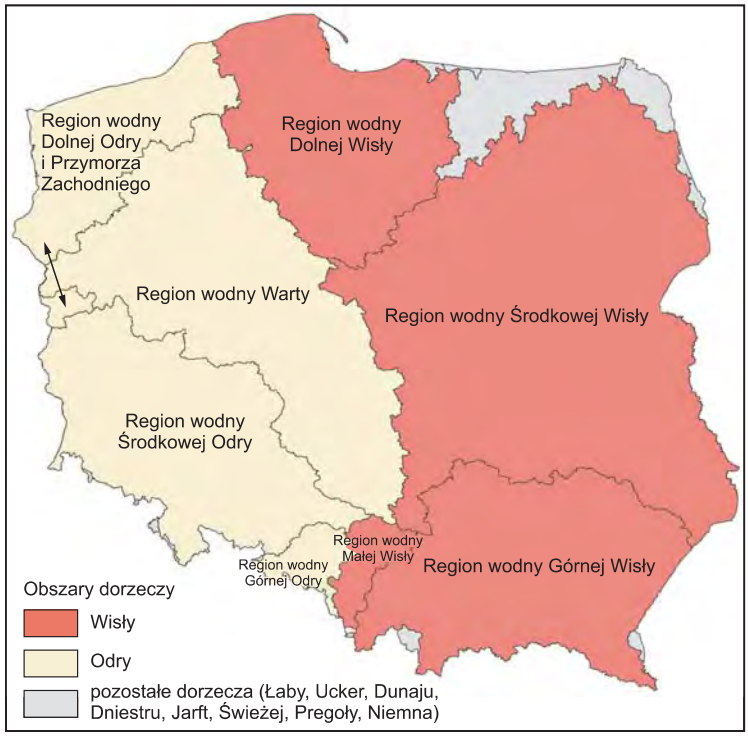


Fig. 1. Podział Polski na dorzecza i regiony wodne

7) obszar dorzecza Niemna – region wodny Niemna
8) obszar dorzecza Pregoły – region wodny Łyny i Węgorapy
9) obszar dorzecza Świeżej – region wodny Świeżej
10) obszar dorzecza Ücker – region wodny Ücker

Najważniejsze z nich to obszar dorzecza Wisły i obszar dorzecza Odry. Niniejsze opracowanie obejmuje obszar dorzecza Wisły wraz Żuławami Wiślanymi oraz zlewnie rzek Przymorza Wschodniego – Redy, Łeby, Łupawy i Słupi oraz Pasłęki – zlewni Zalewu Wiślanego. Tak określony obszar obejmuje powierzchnię 183 176,3 km^2.

Zgodnie z paragrafem 5 wspomnianego rozporządzenia regiony wodne objęte są zasięgiem terytorialnym regionalnych zarządów gospodarki wodnej (fig. 2):

- Regionalny Zarząd Gospodarki Wodnej w Gdańsku, z siedzibą w Gdańsku, obejmujący region wodny Dolnej Wisły;

Fig. 2. Zasięg terytorialny regionalnych zarządów gospodarki wodnej

Uwaga: numeracja dotyczy obszarów bilansowych wydzielonych w regionach wodnych objętych zasięgiem działalności poszczególnych regionalnych zarządów gospodarki wodnej

- Regionalny Zarząd Gospodarki Wodnej w Gliwicach, z siedzibą w Gliwicach, obejmujący region wodny Małej Wisły, region wodny Górnej Odry, region wodny Czadeczki;
- Regionalny Zarząd Gospodarki Wodnej w Krakowie, z siedzibą w Krakowie, obejmujący region wodny Górnej Wisły, region wodny Czarnej Orawy, region wodny Dniestru;
- Regionalny Zarząd Gospodarki Wodnej w Poznaniu, z siedzibą w Poznaniu, obejmujący region wodny Warty;
- Regionalny Zarząd Gospodarki Wodnej w Szczecinie, z siedzibą w Szczecinie, obejmujący region wodny Dolnej Odry i Przymorza Zachodniego oraz region wodny Ücker;
- Regionalny Zarząd Gospodarki Wodnej w Warszawie, z siedzibą w Warszawie, obejmujący region wodny Środkowej Wisły, region wodny Jarft, region wodny Niemna, region wodny Łyny i Węgorapy, region wodny Świeżej;
- Regionalny Zarząd Gospodarki Wodnej we Wrocławiu, z siedzibą we Wrocławiu, obejmujący region wodny Środkowej Odry, region wodny Morawy, region wodny Izery, region wodny Łaby i Ostrożnicy (Upa), region wodny Metuje, region wodny Orlicy.

2. DEFINICJE WYBRANYCH POJĘĆ

W rozdziale tym zestawiono definicje głównych pojęć używanych w niniejszym opracowaniu, niezależnie od tego, że w odpowiednich fragmentach tekstu są one przytoczone w celu jaśniejszego przedstawienia zagadnień metodycznych. Ich zapis jest zgodny z dokumentami źródłowymi (w nawiasie podane jest źródło definicji) albo częściowo rozszerzone i uzupełnione lub wręcz wprowadzone na potrzeby realizowanego zadania (co jest również zaznaczone w nawiasie).

Stan wód podziemnych (wg RDW) – ogólne określenie stanu jednolitych części wód podziemnych (JCWPd), wyznaczonego przez stan ilościowy i chemiczny wód podziemnych. Dobry stan wód podziemnych oznacza taki stan osiągnięty przez JCWPd, w którym zarówno stan ilościowy, jak i chemiczny jest określony jako co najmniej „dobry". W zakresie ilościowym oznacza to, że dostępne zasoby wodne JCWPd przekraczają długoterminową średnioroczną wielkość poboru. W zakresie chemicznym oznacza to, że stężenia zanieczyszczeń nie przekraczają standardów jakości, zgodnych z odpowiednimi przepisami Wspólnoty Europejskiej, nie wykazują dopływu naturalnych wód słonych lub wód z wysokimi zawartościami wcześniej niewymienionych składników. W procedurze przeprowadzania oceny ilościowego stanu wód podziemnych, jednostką wyznaczoną do bilansowania zasobów i poboru wód podziemnych jest jednolita część wód podziemnych.

Dobry stan wód podziemnych (wg RDW) oznacza stan osiągnięty przez część wód podziemnych, jeżeli zarówno jej stan ilościowy, jak i chemiczny jest określony jako co najmniej „dobry", co oznacza, że zgodnie z zasadą zrównoważonego rozwoju, zostały osiągnięte możliwe do uzyskania cele środowiskowe ustalone dla ekosystemów zależnych od wód podziemnych i cele w zakresie zaspokajania racjonalnie uzasadnionych potrzeb wodnych ludności (na podst. RDW).

Dostępne zasoby wód podziemnych (wg RDW) oznaczają długoterminową średnią roczną wielkość całkowitego zasilania określonej części wód podziemnych pomniejszonego o długoterminową roczną wielkość przepływu wymaganego do osiągnięcia wyszczególnionych na mocy art. 4 celów jakości ekologicznej związanych z określoną częścią wód podziemnych, tak aby uniknąć jakiegokolwiek znacznego obniżenia stanu ekologicznego takich wód oraz aby uniknąć wszelkich szkód w związanych z nimi ekosystemach lądowych.

Stan ilościowy (wg RDW) jest określeniem stopnia, w jakim pobór wody ma bezpośrednio i pośrednio wpływ na jednolitą część wód podziemnych. **Dobry stan ilościowy JCWPd** oznacza taki stan, gdy położenie zwierciadła wód podziemnych kształtowane jest w warunkach nieprzekraczania dostępnych do zagospodarowania zasobów wód podziemnych przez pobór

wód z danej jednolitej części wód podziemnych (w wartościach zasobów i poborów średniorocznych – długoterminowych), co oznacza, że położenie zwierciadła wód podziemnych nie podlega zmianom antropogenicznym, które mogłyby spowodować:

– niespełnienie celów środowiskowych przez wody powierzchniowe związane z wodami podziemnymi,
– znaczne szkody w ekosystemach lądowych bezpośrednio uzależnionych od części wód podziemnych,
– trwałe zmiany kierunku przepływu wód podziemnych i związany z tymi zmianami napływ wód słonych lub innych (ingresje wód morskich, ascenzje wód zasolonych lub innych mogących wpłynąć na pogorszenie stanu chemicznego wód podziemnych).

Jednolita część wód podziemnych JCWPd (wg RDW, rozszerzone) – oznacza określoną objętość wód podziemnych występującą w obrębie warstwy wodonośnej lub zespołu warstw wodonośnych. Wydzielana jest jako zbiorowisko wód podziemnych, występujących w warstwie lub warstwach wodonośnych, stanowiących lub mogących stanowić źródło wody do spożycia znaczące w zaopatrzeniu ludności lub istotne dla kształtowania pożądanego stanu wód powierzchniowych i ekosystemów lądowych. Wyznaczenie i monitorowanie jednolitych części wód podziemnych ma zapewnić możliwość utrzymania lub osiągnięcia – w określonym czasie i zakresie – dobrego stanu wód podziemnych, lub ustalenia mniej wymagających celów dla stanu wód podziemnych, w przypadku gdy osiągnięcie stanu dobrego jest społecznie, technicznie lub ekonomicznie nieuzasadnione.

Zasoby dyspozycyjne (*ZD*) (Rozporządzenie MŚ z dnia 23.08.1994 r. oraz z dnia 3.10.2005 r., obowiązujące do 31.12.2011 r.) – rozumie się przez to ilość wód podziemnych możliwą do pobrania z obszaru bilansowego w określonych warunkach środowiska i hydrogeologicznych, bez wskazywania szczegółowej lokalizacji i warunków techniczno-ekonomicznych ujmowania wód. Zasoby dyspozycyjne wód podziemnych ustala się w przypadku:

– określania **stopnia zagospodarowania zasobów** wodnych i stanu dostępnych rezerw zasobowych w regionie wodnym, zlewni lub innym obszarze bilansowym;
– rozpoznawania terenów perspektywicznych do budowy ujęć wód podziemnych;
– **bilansowania i weryfikacji zasobów eksploatacyjnych** w rejonach o intensywnym, skupionym poborze wód podziemnych;
– **wykonywania bilansu wodnogospodarczego** w celu ustalenia warunków korzystania z wód regionu wodnego lub zlewni.

Za **zasoby dyspozycyjne wód podziemnych** (Rozporządzenie MŚ z dn. 23.12.2011 r., obowiązujące od 1.01.2012 r.) uznaje się, z wyłączeniem zasobów dyspozycyjnych solanek, wód leczniczych i termalnych, zasoby wód podziemnych dostępne do zagospodarowania, stanowiące średnią z wielolecia wielkość całkowitego zasilania określonego obszaru bilansowego, pomniejszone o średnią z wielolecia wielkość przepływu wód, tak aby nie dopuścić do znacznego pogorszenia stanu wód powierzchniowych związanych z wodami podziemnymi i do powstania znaczących szkód w ekosystemach lądowych zależnych od wód podziemnych. Zasoby dyspozycyjne należy określić z zachowaniem warunku niepogarszania stanu chemicznego wód podziemnych, ustalone z uwzględnieniem istniejącego w obszarze przestrzennego zróżnicowania warunków zasilania, występowania, parametrów hydrogeologicznych i kontaktów hydraulicznych poziomów wodonośnych, przestrzennego rozkładu środowiskowych i hydrogeologicznych ograniczeń dla stopnia zagospodarowania zasobów oraz przestrzenne-

go rozkładu istniejącego użytkowania wód podziemnych, wyznaczonymi bez wskazywania szczegółowej lokalizacji i warunków techniczno-ekonomicznych ujmowania wód.

Zasoby perspektywiczne wód podziemnych (*ZP*) (Herbich i in., 2003) są to szacunkowo ustalone zasoby użytkowych pięter/poziomów wodonośnych w określonych obszarach/jednostkach bilansowych, możliwe do zagospodarowania z uwzględnieniem potrzeby zachowania określonego stanu ekosystemów od nich zależnych. Przez szacunkowy charakter ustalania zasobów perspektywicznych rozumie się taki tok prac i obliczeń hydrogeologicznych, w którym stosowane są metody przybliżonej oceny odnawialnych zasobów wód podziemnych, bez prowadzenia dodatkowych obserwacji terenowych oraz bez modelowego odwzorowania warunków hydrogeologicznych obszaru/jednostki bilansowej), zaś potrzeby wodne ekosystemów zależnych od wód podziemnych są uwzględnione w sposób uproszczony, bez modelowej weryfikacji stopnia dopuszczalnego przekształcenia pola hydrodynamicznego i bilansu krążenia wód podziemnych. Potrzeby ekosystemów dolinnych są uwzględniane poprzez zachowanie rezerwy odpływu podziemnego do rzek w wysokości hydrobiologicznych przepływów nienaruszalnych.

Gwarantowane zasoby wód podziemnych dostępne do zagospodarowania (*ZDGw*) jednostki hydrogeologicznej (obszaru bilansowego, rejonu wodnogospodarczego) ustalone z zachowaniem określonych wymogów środowiskowych w warunkach infiltracji opadów atmosferycznych średniej z reprezentatywnego cyklu lat posusznych, określone dla kontroli stopnia utrzymania warunku dobrego stanu ilościowego wód podziemnych w rozumieniu Ramowej Dyrektywy Wodnej i jej implementacji do ustawy Prawo wodne oraz dla sformułowania warunków korzystania z wód zlewni, obejmujących odpowiednie działania ochronne i optymalizacyjne.

Czas inercji (*CI*) – wskaźnik inercji systemu wodonośnego, będący miarą opóźnienia czasowego transformacji hydrodynamicznej układów krążenia wód podziemnych na zmianę czynnika zewnętrznego; zależy on od właściwości hydraulicznych i rozmiarów systemu wodonośnego (Szymanko, 1980). Może on być wyznaczany z wykorzystaniem zależności analitycznych lub empirycznie. W określaniu reprezentatywnego okresu posusznego dla oszacowania zasobów gwarantowanych do przeprowadzenia bilansu wodnogospodarczego oraz w doborze zlewni – analogów, stosowana jest empiryczna metoda szacowania czasu inercji w oparciu o analizę zmienności (stosunku QG_{RMAX}/QG_{RMIN}) średniorocznego odpływu podziemnego QG_R w wieloleciu, uwzględniająca sumowanie się wybranych elementów kształtujących dynamikę zasilania, krążenia i drenażu zlewniowego systemu wód podziemnych (Herbich, 1983, 1997, 2002a, b; Byczkowski i in., 2001).

Obszar bilansowy (Rozporządzenie MŚ z dn. 23.12.2011 r.) – jednostka hydrogeologiczna, wytypowana w celu ustalenia zasobów odnawialnych i zasobów dyspozycyjnych wód podziemnych wraz z oceną stopnia ich zagospodarowania, wydzielona ze względu na podobieństwo parametrów hydrogeologicznych lub warunków hydrodynamicznych.

Jednostka bilansowa – część obszaru bilansowego, wydzielona ze względu na podobieństwo parametrów hydrogeologicznych lub warunków hydrodynamicznych.

Rejon wodnogospodarczy wód podziemnych (Herbich i in., 2007) – jest to **jednostka bilansowa,** obejmująca układ krążenia wód podziemnych w rozpoznanej strukturze hydrogeologicznej, ze zidentyfikowanymi pod względem położenia i wydatku strefami drenażu wód podziemnych (odpływ podziemny do rzek, pobór przez ujęcia, odwodnienia górnicze), monitorowanych zmianach stanu retencji wód podziemnych i zdefiniowanych hydrodynamicznie granicach

(wododziały podziemne, strefy kontaktu hydraulicznego z wodami powierzchniowymi, strefy nieprzepuszczalne), zasięgu wyznaczonym optymalnie dla przeprowadzenia bilansu wodnogospodarczego w celu ustalenia warunków korzystania z wód, z uwzględnieniem komunalnych i gospodarczych potrzeb wodnych oraz wpływu zagospodarowania wód podziemnych na wody powierzchniowe i ekosystemy lądowe zależne od wód podziemnych, zgodnie z zasadą zrównoważonego rozwoju.

Bilans wodnogospodarczy wód podziemnych (Rozporządzenie MŚ z dnia 23.12.2011 r.) – porównanie wielkości zasobów dyspozycyjnych wód podziemnych ze stanem ich zagospodarowania, dokonywane w celu wskazania istniejących w obszarze bilansowym albo w jednostce bilansowej rezerw lub deficytu zasobów wód podziemnych.

Bilans wodnogospodarczy wód podziemnych (Herbich i in., 2007) jest to opracowanie analityczno-rachunkowe wykonane dla określonego obszaru bilansowania wód podziemnych, obejmujące ilościowe i jakościowe porównanie dyspozycyjnych zasobów wód podziemnych z poborami wód podziemnych sumarycznymi w obszarze bilansowania, które, w zależności od rodzaju bilansu, są wyrażone przez:

- **aktualny – rzeczywisty pobór wód podziemnych** ze wszystkich ujęć użytkowników zlokalizowanych w obszarze bilansowym, wymagających uzyskania pozwolenia wodnoprawnego stwierdzony w okresie, dla którego jest sporządzany bilans, rejestrowany urządzeniami pomiarowymi i podlegający zgłaszaniu w celu naliczenia opłat za korzystanie z wód (bilans stanu aktualnego);
- **pobór wód podziemnych prawnie dopuszczalny** ze wszystkich ujęć użytkowników zlokalizowanych w obszarze bilansowym, wymagających uzyskania pozwolenia wodnoprawnego określony w nabytych prawach do szczególnego korzystania z zasobów wód podziemnych jako średnioroczny pobór maksymalny dopuszczalny oraz pobór dopuszczalny w ramach zwykłego korzystania z zasobów tych wód przez gospodarstwa domowe, w obszarach nie objętych zasilaniem z sieci wodociągowej (bilans stanu formalnoprawnego);
- **pobór prognozowany** wód podziemnych, niezbędny dla pokrycia potrzeb użytkowników ujęć wód podziemnych zlokalizowanych w obszarze bilansowym, spodziewany w określonej perspektywie czasowej (bilans stanu perspektywicznego).

Celem bilansu wodnogospodarczego wód podziemnych jest:

- ocena stanu użytkowania dyspozycyjnych zasobów wód podziemnych i rozpoznanie zagrożeń dla równowagi ilościowej i jakościowej tych zasobów, w szczególności identyfikacja rezerw i deficytów dyspozycyjnych zasobów wód podziemnych;
- ocena wpływu poborów i użytkowania wód podziemnych na stan wód powierzchniowych oraz ekosystemów lądowych od wód podziemnych zależnych;
- utworzenie podstaw dla określenia warunków korzystania z wód jako dokumentu regulującego wydawanie i rewizje pozwoleń wodnoprawnych na pobór i odprowadzanie ścieków.

Bilans wodnogospodarczy wód powierzchniowych (Tyszewski i in., 2008) – rachunek obejmujący ilościowe porównanie zasobów wód powierzchniowych z potrzebami wodnymi użytkowników oraz kształtowanie i rozrząd tych zasobów z uwzględnieniem potrzeb użytkowników, ich ważności oraz wymagań przepływu i ograniczeń dyktowanych ochroną środo-

wiska przyrodniczego. Ilościowy bilans zasobów wód powierzchniowych powinien uwzględniać w szczególności:

– ograniczenia dyktowane względami ekologicznymi, w tym zachowanie przepływów nienaruszalnych;
– hierarchię (kolejność zaspokajania) potrzeb wodnych, zgodną z koncepcją użytkowania wód w rozpatrywanym obszarze;
– powiązania z zasobami i użytkowaniem wód podziemnych (pobory wód oraz zrzuty ścieków i wód kopalnianych).

Celem tak zdefiniowanego bilansu jest m.in.:

– ocena możliwości zaspokojenia ilościowych potrzeb wodnych użytkowników zaopatrywanych z wód powierzchniowych;
– ocena kształtowania się przepływów rzecznych, uwzględniająca przewidywane użytkowania zasobów wód i oddziaływania obiektów;
– ocena wielkości rezerw zasobów wód powierzchniowych;
– tworzenie podstaw dla określania warunków korzystania z wód regionu wodnego lub zlewni rzecznej;
– tworzenie podstaw dla przygotowania i weryfikacji pozwoleń wodnoprawnych na pobór wód i odprowadzanie ścieków;
– przygotowanie propozycji działań w zakresie kształtowania i rozwoju użytkowania wód powierzchniowych.

Jednolity bilans wodnogospodarczy jest specjalistycznym opracowaniem obejmującym przeprowadzenie bilansu wód podziemnych i powierzchniowych, z uwzględnieniem wzajemnych oddziaływań. Jednolity charakter bilansu wodnogospodarczego realizowany jest poprzez określenie wpływu zagospodarowania wód podziemnych na przepływy rzek w przekrojach bilansowych określonej zlewni. Przepływy są scharakteryzowane w zależności od rodzaju bilansu:

a) dla bilansu dynamicznego – wieloletnimi ciągami wartości średnich okresowych przepływów dekadowych lub miesięcznych;
b) dla bilansu statycznego – wartościami o określonej gwarancji czasowej g wystąpienia, ustalonej na podstawie analizy statystycznej ciągu wieloletniego (najczęściej $g = 90$, 94, 96, 98%) lub wartościami przepływów charakterystycznych (najczęściej *SSQ*, *SNQ*, *NNQ*).

Zlewnia podziemna – system hydrogeologiczny, którego wody podziemne zasilają dolinne strefy drenażowe zlewni rzecznej oraz ujęcia wód podziemnych, znajdujące się w obrębie działu wodnego zamykającego zlewnię rzeki po przekrój bilansowy oparty na wodowskazie lub wyznaczony w ujściu rzeki do recypienta.

Obszar spływu wód podziemnych do ujęć – obszar, z którego wody podziemne zasilają ujęcie w ilościach równoważących jego pobór rzeczywisty średni w okresie, dla którego sporządzany jest bilans wodnogospodarczy wód podziemnych.

Dolinna strefa drenażowa – taras niski (podmokły) doliny rzecznej wraz z korytami występujących w niej wód powierzchniowych. W bilansie wodnogospodarczym rozpatrywana jest ona jako strefa drenażu ewapotranspiracyjnego wód podziemnych (transpiracji i parowania ze strefy saturacji na potrzeby wodne dolinnych ekosystemów mokradłowych i łąkowych) oraz drenażu korytowego tworzącego zasilanie podziemne rzek.

Drenaż ewapotranspiracyjny wód podziemnych (*ETD*) – parowanie i transpiracja ze strefy płytko zalegającego zwierciadła wód gruntowych dolinnego tarasu niskiego na potrzeby wodne ekosystemów mokradłowych i łąkowych, bilansowane napływem wód podziemnych spoza siedliska.

Infiltracja efektywna opadów atmosferycznych (*IE*) – infiltracja opadów docierająca do strefy saturacji wód podziemnych, tworząca zasoby odnawialne poziomów wodonośnych, w tym użytkowych poziomów wodonośnych, stanowiąca część przychodową bilansu hydrogeologicznego oraz bilansu wodnogospodarczego obszarów i jednostek bilansowych. W dynamicznym bilansie wodnogospodarczym, z uwzględnieniem wpływu poboru wód podziemnych na przepływy rzeczne, ***infiltracja efektywna opadów do użytkowych warstw wodonośnych*** jest wyrażana wieloletnim ciągiem wartości $IE_{CI(t)}$ średnich okresowych (najczęściej w miesięcznych przedziałach czasowych), charakteryzujących w sposób jednorodny (uśredniony) obszary zasilania wód podziemnych zlewni zamkniętej przekrojem bilansowym. Ciąg ten tworzą średnie przesuwane wartości infiltracji IE_{CI}, określone dla poprzedzającego dany okres *t* przedziału czasu równego inercji *CI* systemu wodonośnego.

Zasilanie podziemne dolinnych stref drenażowych – odpływ wód podziemnych do dolinnych stref drenażowych w zlewni rzecznej, równoważący drenaż ewapotranspiracyjny wód podziemnych w obrębie tarasu niskiego i zasilanie podziemne rzek zlewni. W warunkach bilansu krótkoterminowego zasilanie to bierze udział w zmianach stanu retencji wód podziemnych dolinnej strefy drenażowej.

Użytkowy poziom wodonośny – UPW (według Mapy hydrogeologicznej Polski w skali 1:50 000**)** – warstwa lub zespół warstw wodonośnych, wykazujących dobrą łączność hydrauliczną, o parametrach ilości i jakości wód kwalifikujących do eksploatacji komunalnej: miąższość utworów wodonośnych ponad 5 m, wodoprzewodność ponad 50 m^2/d, wydajność potencjalna studni ponad 5 m^3/h; w Karpatach i Sudetach parametry te mogą być odpowiednio niższe: miąższość ponad 2 m, wodoprzewodność ponad 25 m^2/d, wydajność potencjalna studni ponad 2 m^3/h. Jakość wód poziomu użytkowego umożliwia ich wykorzystanie do zaopatrzenia ludności w wodę do spożycia z zastosowaniem uzdatniania powszechnie stosowanego w technice komunalnej.

Główny użytkowy poziom wodonośny – GUPW (według Mapy hydrogeologicznej Polski w skali 1:50 000**)** – pierwszy od powierzchni terenu poziom użytkowy, stanowiący podstawowe źródło zaopatrzenia w wodę, o dominującym zasięgu i zasobności w obszarze wydzielonej jednostki hydrogeologicznej Mapy hydrogeologicznej Polski w skali 1:50 000.

Pierwszy poziom wodonośny – PPW (według Mapy hydrogeologicznej Polski w skali 1:50 000) – pierwsza od powierzchni warstwa wodonośna lub zespół warstw wodonośnych, wykazujących wzajemną dobrą łączność hydrauliczną. W schematyzacji warunków hydrogeologicznych, dokonywanej na potrzeby Mapy hydrogeologicznej Polski w skali 1:50 000, ogólnie przyjmuje się, że warstwa lub zespół warstw wodonośnych, wchodzących w skład pierwszego poziomu wodonośnego, posiada średnią wodoprzepuszczalność $k \geq 3$ m/d, łączną miąższość M ≥2 m (przy średnim stanie retencji), ciągłość występowania na obszarze A ≥2 km^2.

Wymienione kryteria powinny być spełnione na przeważającej części wydzielonej jednostki warunków występowania pierwszego poziomu wodonośnego; oznacza, że w jej obrę-

bie mogą lokalnie występować strefy nie spełniające tych kryteriów. W rozległych obszarach występowania płytkich wód podziemnych w warstwach nie spełniających tych kryteriów, wyróżnia się pierwszy poziom wodonośny o znacznie zróżnicowanych warunkach hydrogeologicznych, gdy stanowi on ważne i powszechnie wykorzystywane źródło zaopatrzenia ludności w wodę, pozostaje w związku hydraulicznym z wodami powierzchniowymi i kształtuje stan ekosystemów zależnych od wód podziemnych, a jego zawodnienie ma charakter stały (choć może być ono sezonowo i rocznie zmienne).

Główny zbiornik wód podziemnych – **GZWP** (na podst.: Dowgiałło i in. red., 2002) – zbiornik wydzielony ze względu na szczególne znaczenie regionalne dla obecnego i perspektywicznego zaopatrzenia ludności w wodę, spełniający określone kryteria ilościowe i jakościowe podstawowe: wydajność potencjalna otworu studziennego powyżej 70 m^3/h, wydajność ujęcia powyżej 10 000 m^3/d, przewodność powyżej 10 m^2/h, a woda nadaje się do zaopatrzenia ludności w stanie surowym lub po jej ewentualnym prostym uzdatnieniu, przy pomocy stosowanych obecnie i uzasadnionych ekonomicznie technologii. W obszarach deficytowych kryteria ilościowe mogą być znacznie niższe, lecz wyróżniające zbiornik o znaczeniu praktycznym na tle ogólnie mniej korzystnych warunków hydrogeologicznych.

3. STAN ROZPOZNANIA ZASOBÓW WÓD PODZIEMNYCH DOSTĘPNYCH DO ZAGOSPODAROWANIA

Zasoby wód podziemnych dostępne do zagospodarowania (*ZDG*) należy rozumieć jako ilość wody (określaną jako **zasoby dyspozycyjne (*ZD*) lub perspektywiczne (*ZP*)**, zależnie od stopnia udokumentowania) możliwa do trwałego gospodarczego wykorzystania bez naruszenia zasad ochrony środowiska i potrzeb przyszłych pokoleń w zakresie korzystania z zasobów wodnych (zrównoważonego rozwoju). Rezerwa wielkości zasobów dostępnych jest określana z marginesem niepewności co do wielkości poboru i przepływów nienaruszalnych w rzekach, zarówno w kontekście obecnych warunków hydrologicznych, jak i przewidywanych w ramach zmian globalnych. W odniesieniu do dostępnych zasobów wód podziemnych interpretacją obejmuje się zasoby udokumentowane, jako zasoby dyspozycyjne lub perspektywiczne.

Zasoby dyspozycyjne wód podziemnych (patrz rozdz. 2) są od 1994 r. określane dokumentacją hydrogeologiczną zgodnie z obowiązującym rozporządzeniem Ministra Środowiska. W obszarach bilansowych dotychczas nie objętych udokumentowaniem zasobów dyspozycyjnych, tymczasową podstawą dla sporządzania bilansu wodnogospodarczego są zasoby perspektywiczne wód podziemnych (patrz rozdz. 2). Zasoby perspektywiczne wód podziemnych nie mogą być zatem podstawą dla rewizji pozwoleń wodnoprawnych i dla opiniowania zasobów eksploatacyjnych ujęć wód podziemnych, zwłaszcza w rejonach zagrożonych deficytem bilansu wodnogospodarczego.

Informacje o aktualnym stanie rozpoznania dostępnych do zagospodarowania zasobów wód podziemnych znajdują się w bazie danych GIS zasobów dyspozycyjnych i perspektywicznych wód podziemnych, prowadzonej przez państwową służbę hydrogeologiczną w Państwowym Instytucie Geologicznym – Państwowym Instytucie Badawczym.

Według stanu na dzień 31.12.2011 r., zasoby dyspozycyjne wód podziemnych zostały ustalone dla obszarów o powierzchni stanowiącej łącznie 50,4% terenu kraju (tab. 1, fig. 3). W latach 1994–2011 opracowano łącznie 80 dokumentacji hydrogeologicznych dla ustalenia zasobów dyspozycyjnych wód podziemnych. Dokumentacje po pozytywnym zaopiniowaniu przez Komisję Dokumentacji Hydrogeologicznych (KDH) i przyjęciu przez Zamawiającego (Minister Środowiska) są składane w Centralnym Archiwum Geologicznym PIG-PIB w Warszawie oraz przekazywane do właściwych terytorialnie regionalnych zarządów gospodarki wodnej (RZGW).

Rozmieszczenie obszarów bilansowych o udokumentowanych zasobach dyspozycyjnych jest nierównomierne (fig. 3). Najwyższy stopień udokumentowania występuje w regionie wodnym Dolnej Odry i Przymorza Zachodniego – obszarze działalności RZGW Szczecin (96,6% powierzchni regionu), znaczny (61,2% powierzchni) – w regionie wodnym Dolnej

Wisły (RZGW w Gdańsku), zaś najniższy w regionie wodnym Górnej Wisły – obszarze działalności RZGW Kraków (29% powierzchni regionu).

W regionie Środkowej Wisły – obszarze działalności RZGW w Warszawie – rozpoznaniem zasobów dyspozycyjnych wód podziemnych objęto 57,1% powierzchni regionu, w zasięgu zlewni: Wieprza, Bugu, Pilicy, Wkry, Bzury, środkowej Radomki, Jeziorki oraz Wielkich Jezior Mazurskich. Poza układem zlewniowym udokumentowano zasoby dyspozycyjne dla neogeńsko-paleogeńskiego zbiornika wód podziemnych w centralnej części niecki mazowieckiej.

W regionie wodnym Dolnej Wisły – obszarze działalności RZGW w Gdańsku – zasoby dyspozycyjne zostały ustalone dla zlewni: Brdy, Drwęcy, Tążyny, Wierzycy i rzek Przymorza Wschodniego – Słupi, Łupawy, Łeby, Redy i Piaśnicy.

W regionie wodnym Środkowej Odry, administrowanym przez RZGW we Wrocławiu, udokumentowaniem zasobów dyspozycyjnych objęto najlepiej rozpoznane hydrogeologicznie fragmenty zlewni: Obrzycy, Baryczy, Widawy, Małej Panwi, Nysy Łużyckiej, Bobru, Kaczawy, Bystrzycy i Nysy Kłodzkiej, stanowiące łącznie 50,4% powierzchni regionu.

W regionie wodnym Warty, administrowanym przez RZGW w Poznaniu, zasoby dyspozycyjne udokumentowano dla zlewni górnej Warty po Liswartę, międzyrzecza Prosny i Warty, Neru oraz dla zlewni poznańskiego odcinka Warty. W granicach Wysoczyzny Leszczyńskiej, znajdującej się regionie wodnym Warty i w regionie Środkowej Odry, udokumentowano zasoby dyspozycyjne neogeńsko-paleogeńskiego zbiornika wód podziemnych.

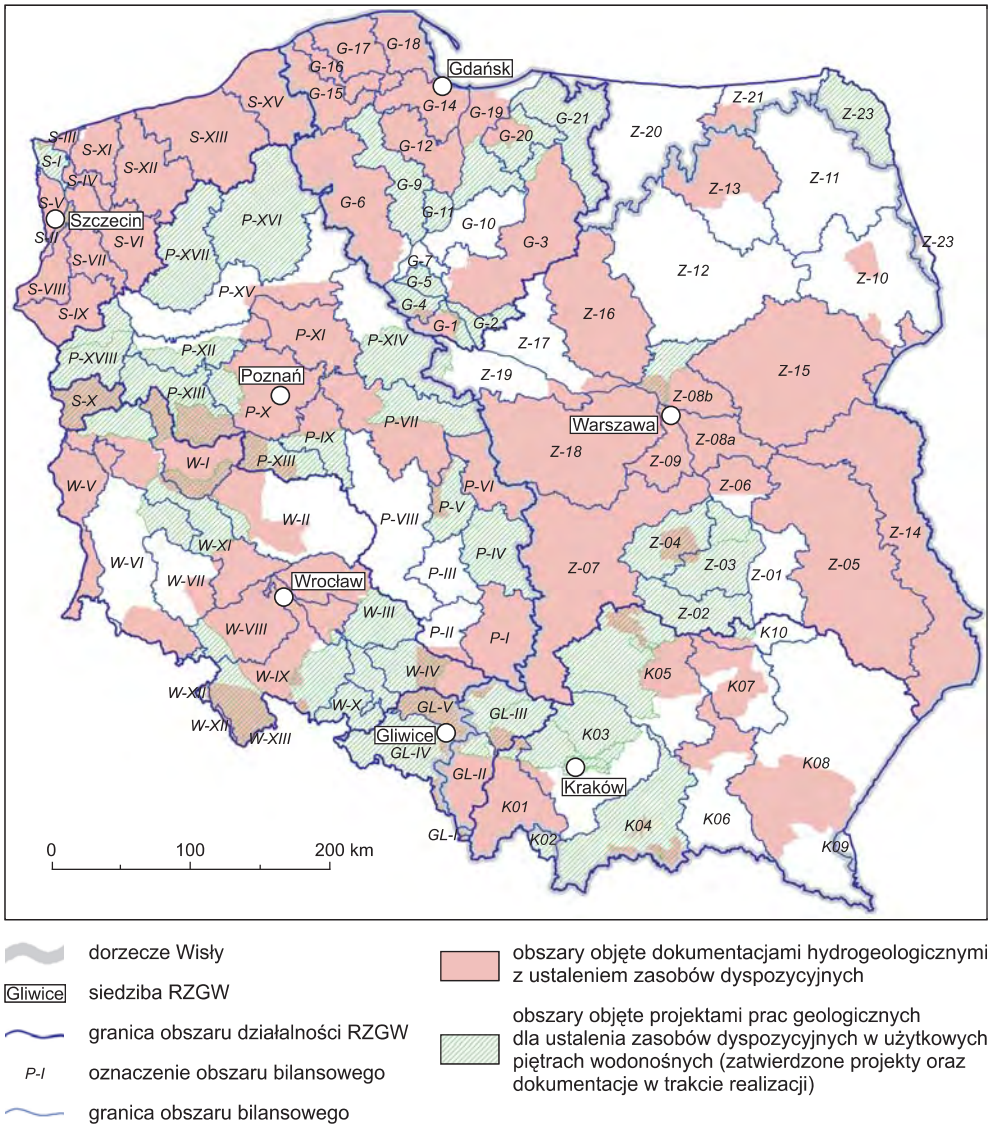
W regionie Górnej Wisły (RZGW w Krakowie) zasoby dyspozycyjne zostały udokumentowane dla obszarów obejmujących łącznie 29% regionu, a położonych w obrębie zlewni Soły, Wisłoka i środkowego Sanu, dopływów Wisły w północnej części zapadliska przedkarpackiego oraz w obrębie kilku niewielkich zbiorników, w tym w rejonie Kielc.

W regionach wodnych Małej Wisły i Górnej Odry, administrowanych przez RZGW w Gliwicach udokumentowano obszary obejmujące 39,3% powierzchni obu regionów wodnych. Udokumentowaniem zasobów dyspozycyjnych objęto zlewnie Kłodnicy i Przemszy; poza układem zlewniowym udokumentowano zasoby triasu chrzanowskiego, triasu gliwickiego oraz Kotliny Oświęcimskiej.

Ze względu na występowanie licznych obszarów bilansowych o szacunkowym stopniu rozpoznania zasobów wód podziemnych dostępnych do zagospodarowania – jako zasobów perspektywicznych, pilnym zadaniem jest opracowanie dla tych obszarów dokumentacji ustalających zasoby dyspozycyjne wód podziemnych w trybie formalnym i zakresem badawczym zgodnym z Ustawą prawo geologiczne i górnicze, z dokładnością wymaganą do określenia warunków korzystania z wód zlewni i programów działań dla osiągnięcia dobrego stanu wód podziemnych. Dotyczy to w szczególności rejonów zagrożonych deficytem zasobowym, gdzie konieczne jest zoptymalizowanie gospodarki wodnej w zakresie eksploatacji wód podziemnych, m.in. poprzez rewizję pozwoleń wodnoprawnych na pobór wód.

Dostępne do zagospodarowania zasoby wód podziemnych, stanowiące sumę zasobów dyspozycyjnych i perspektywicznych, stanowią podstawę dla przeprowadzenia oceny zasobów wodnych w obszarach dorzeczy i w regionach wodnych w granicach kraju. Sumaryczna ilość tych zasobów wynosi około 36,91 mln m^3/d, tj. 13,47 km^3/r (stan rozpoznania na 2011 r.), w tym 16,72 mln m^3/d, tj. 6,1 km^3/r ustalonych jako dyspozycyjne dla obszarów stanowiących 50,4% powierzchni kraju (tab. 1, 2).

Stopień udokumentowania zasobów dyspozycyjnych w Polsce systematycznie rośnie (Herbich, Przytuła, 2008; Zalewska, 2011). Aktualnie na różnym stopniu zaawansowania



dorzecze Wisły

Gliwice siedziba RZGW

granica obszaru działalności RZGW

P-I oznaczenie obszaru bilansowego

granica obszaru bilansowego

obszary objęte dokumentacjami hydrogeologicznymi z ustaleniem zasobów dyspozycyjnych

obszary objęte projektami prac geologicznych dla ustalenia zasobów dyspozycyjnych w użytkowych piętrach wodonośnych (zatwierdzone projekty oraz dokumentacje w trakcie realizacji)

Fig. 3. Stan prac nad rozpoznaniem zasobów dyspozycyjnych wód podziemnych w Polsce (31.XII.2011 r.)

wykonywanych jest 17 dokumentacji hydrogeologicznych na podstawie zatwierdzonych projektów prac geologicznych – 3 dokumentacje są na etapie końcowego odbioru przez KDH, 6 zostanie zakończonych w 2012 roku, 8 w roku 2013 (fig. 3). W trakcie realizacji są kolejne projekty prac geologicznych dla ustalenia zasobów dyspozycyjnych zwykłych wód podziemnych, w tym 3 na końcowym etapie zatwierdzenia przez KDH (stan na 31.12.2011 r.).

Tabela 1

Stan rozpoznania zasobów dyspozycyjnych wód podziemnych w podziale na obszary działalności regionalnych zarządów gospodarki wodnej (stan na 2011 r.)

Siedziba RZGW	Powierzchnia obszaru działalności RZGW [km^2]	Powierzchnia rejonów wodnogospodarczych o udokumentowanych zasobach dyspozycyjnych [km^2]	Powierzchnia rejonów wodnogospodarczych o nieudokumentowanych zasobach dyspozycyjnych [km^2]	Udział obszarów udokumentowanych [%]
Gdańsk	35 083,5	21 487,0	13 596,5	61,2
Gliwice	7 796,8	3 061,3	4 735,5	39,3
Kraków	43 702,9	12 658,6	31 044,3	29,0
Poznań	54 479,9	17 143,3	37 336,6	31,5
Szczecin	20 420,4	19 719,6	700,8	96,6
Warszawa	111 448,8	63 585,2	47 863,4	57,1
Wrocław	39 538,8	19 930,7	19 608,1	50,4
Obszar kraju	**312 471,1**	**157 585,7**	**154 885,2**	**50,4**

Uwaga: pola powierzchni wygenerowane zostały automatycznie (jako atrybut) na podstawie zasięgów obszarowych poszczególnych klas obiektów w oprogramowaniu GIS (GeomediaProfessional 6.0)

Tabela 2

Dostępne do zagospodarowania (dyspozycyjne i perspektywiczne) zasoby wód podziemnych w podziale na obszary działalności regionalnych zarządów gospodarki wodnej (stan na 2011 r.)

Siedziba RZGW	Powierzchnia obszaru działalności RZGW [km^2]	Zasoby dyspozycyjne [m^3/d]	Zasoby perspektywiczne [m^3/d]	Zasoby dostępne do zagospodarowania [m^3/d]
Gdańsk	35 083,5	2 334 946	1 593 329	3 928 275
Gliwice	7 796,8	438 858	1 022 000	1 460 858
Kraków	43 702,9	936 465	3 847 600	4 784 065
Poznań	54 479,9	1 840 966	5 151 965	6 992 931
Szczecin	20 420,4	2 677 860	25 273	2 703 133
Warszawa	111 448,8	6 301 704	6 029 885	12 331 589
Wrocław	39 538,8	2 188 551	2 524 631	4 713 182
Obszar kraju	**312 471,1**	**16 719 350**	**20 194 683**	**36 914 033**

Tabela 3

Dostępne do zagospodarowania (dyspozycyjne i perspektywiczne) zasoby wód podziemnych w obszarze dorzecza Wisły (stan na 2011 r.)

Region wodny	Powierzchnia regionu wodnego [km^2]	Zasoby dyspozycyjne wód podziemnych [m^3/d]	Zasoby perspektywiczne wód podziemnych [m^3/d]	Zasoby wód podziemnych dostępne dla zagospodarowania (dyspozycyjne + perspektywiczne) [m^3/d]
Dolnej Wisły	35 083,50	2 334 946	1 593 329	3 928 275
Środkowej Wisły	101 040,30	6 214 498	4 439 885	10 654 383
Górnej Wisły	43 110,10	936 465	3 779 600	4 716 065
Małej Wisły	3 942,40	311 958	594 000	905 958
Dorzecze Wisły	**183 176,30**	**9 797 867**	**10 406 814**	**20 204 681**

W dorzeczu Wisły, zdefiniowanym zgodnie z Rozp. RM w sprawie przebiegu granic obszarów dorzeczy i regionów wodnych (Dz.U., nr 239, poz. 2019, §4), o powierzchni 183 176,3 km^2, ilość zasobów wód podziemnych dostępnych do zagospodarowania wynosi około 20,20 mln m^3/d (7,37 km^3/r), w tym ustalonych jako dyspozycyjne – 9,80 mln m^3/d (3,58 km^3/r) – tabela 3.

4. METODYKA BILANSU WODNOGOSPODARCZEGO WÓD PODZIEMNYCH Z UWZGLĘDNIENIEM ODDZIAŁYWAŃ Z WODAMI POWIERZCHNIOWYMI

4.1. Wykorzystane materiały studialne i bazy danych wejściowych

Do opracowania metodyki, a następnie przeprowadzania bilansu wodnogospodarczego z określeniem wpływu poboru i użytkowania wód podziemnych na zasoby wód powierzchniowych, wykorzystano następujące prace studialne, bazy danych i materiały wejściowe oraz publikacje zestawione w spisie literatury:

- praca studialna „Ustalenie zasobów perspektywicznych wód podziemnych w obszarach działalności regionalnych zarządów gospodarki wodnej" (Herbich i in., 2003), w której określono zasoby perspektywiczne wód podziemnych dla obszarów bilansowych nie objętych do 2003 roku udokumentowaniem zasobów dyspozycyjnych;
- praca studialna „Wydzielenie rejonów wodnogospodarczych dla potrzeb zintegrowanego zarządzania zasobami wód podziemnych i powierzchniowych kraju" (Herbich i in., 2007), w której analizując zlewniowe i antropogenicznie ukształtowane systemy krążenia wód podziemnych wydzielono 646 rejonów wodnogospodarczych wód podziemnych w obrębie 101 obszarów bilansowych w regionach wodnych, administrowanych przez 7 regionalnych zarządów gospodarki wodnej;
- praca studialna „Opracowanie metodyki identyfikacji i ustalenie struktury poboru wód podziemnych dla potrzeb oceny stanu ilościowego wód podziemnych kraju" (Frankowski i in., 2007), w ramach której przeprowadzona została inwentaryzacja poboru z ujęć wód podziemnych z uwzględnieniem struktury użytkowania i rozmieszczenia ujęć na koniec 2005 r., z analizą zmienności poboru w okresie lat 2001–2005, zaś dla wybranych ujęć w okresie 1980–2005 r., oparta o dane pozyskane z GUS, rzgw, urzędów marszałkowskich, wojewódzkich i powiatowych oraz o wyniki ankietyzacji użytkowników;
- baza danych zasobów dyspozycyjnych wód podziemnych (prowadzona przez PSH, zadanie 10);
- baza poboru wód podziemnych (prowadzona przez PSH, zadanie 16);
- bazy danych o stanie retencji w posterunkach wód podziemnych IMGW w latach 1951–2000 (półroczne stany średnie i ekstremalne) i przepływie rzecznym *QG*, pochodzącym z zasilania podziemnego średnim półrocznym w latach 1970–1990 (prowadzona do 2009 r. przez OTKZ IMGW);

- warstwy informacyjne bazy danych GIS Mapy hydrogeologicznej Polski w skali 1:50 000 (warunki występowania i hydrodynamika głównego użytkowego poziomu wodonośnego i pierwszego poziomu wodonośnego);
- podział na zlewnie rzeczne i lokalizacja przekrojów wodowskazowych – Atlas hydrologiczny Polski (1986), Rastrowa mapa podziału hydrograficznego Polski (2007);
- wartości średniego rocznego przepływu rzecznego dla okresu lat 1951–1970, pochodzącego z zasilania podziemnego *QG* (Atlas hydrologiczny Polski, 1986);
- wartości średniego rocznego przepływu rzecznego *SQ* oraz wartości najniższego rocznego przepływu rzecznego *NQ* w przekrojach wodowskazowych dla okresu 1951–1970 (Atlas hydrologiczny Polski, 1986);
- wartości średniego rocznego przepływu rzecznego *SQ* oraz wartości przepływów średnich półrocznych z półrocza letniego i zimowego (*SNQlato SNQzima*) z najniższych miesięcznych przepływów rzecznych z lat 1971–1983 (Roczniki hydrologiczne... 1971–1983, IMGW);
- wartości opadów (rocznych) i odpływów (rocznych całkowitych i podziemnych) w wybranych zlewniach – wartości średnie z 30-lecia 1951–1980 (Orsztynowicz i in., 1988);
- wartości przepływów nienaruszalnych w wybranych przekrojach rzek – opracowanie „Weryfikacja kryteriów i wielkości przepływu nienaruszalnego dla rzek Polski" (Kostrzewa, 1977);
- opracowanie „Metodyka bilansu wodnogospodarczego wód podziemnych z uwzględnieniem oddziaływań z wodami powierzchniowymi" (Herbich, 2008), w której sformułowano wytyczne do określania wielkości dostępnych dla zagospodarowania zasobów wód podziemnych obszaru bilansowego i rejonu wodnogospodarczego jako zasobów gwarantowanych oraz ustalono procedurę przeprowadzania bilansu wodnogospodarczego z określeniem wpływu poboru wód podziemnych na przepływ rzeki w przekroju wodowskazowym zamykającym zlewnię bilansową;
- opracowanie „Charakterystyka dynamiki stanu retencji wód podziemnych strefy aktywnej wymiany jako podstawa dla ustalenia wieloletniej zmienności dostępnych dla zagospodarowania zasobów wód podziemnych" (Przytuła, 2008), w której analizując wieloletnie obserwacje stanu zwierciadła zidentyfikowano cykle posuszne o niskich i skrajnie niskich stanach retencji płytkich wód podziemnych, wyznaczające okresy reprezentatywne dla ustalania gwarantowanych zasobów dostępnych do zagospodarowania.

4.2. Rola czynników hydrogeologicznych i środowiskowych w kształtowaniu składników bilansu wodnogospodarczego

Zasoby dyspozycyjne, ustalane w trybie zgodnym z obowiązującym rozporządzeniem Ministra Środowiska (od 1994 r.) i poradnikiem metodycznym (Paczyński i in.,1996), są wyznaczane jako zasoby średnie wieloletnie, dla warunków tzw. normalnych według kwalifikacji hydrologicznej. W obrębie obszaru bilansowego wydzielane są rejony wodnogospodarcze jako jednostki hydrogeologiczne, dla których są ustalane zasoby dyspozycyjne oraz pobór wód podziemnych – aktualny pobór rzeczywisty i pobór dopuszczalny pozwoleniami wodno-

prawnymi oraz pobór spodziewany w przyjętym przedziale prognozy czasowej. Bilans wodnogospodarczy wód podziemnych określa wielkość rezerw lub deficytów zasobów dyspozycyjnych rejonu wodnogospodarczego w odniesieniu do wymienionych rodzajów poboru.

W ramach jednolitego bilansu wodnego zlewni rzecznej – uwzględniającego zagospodarowanie i wzajemne relacje wód podziemnych i powierzchniowych zlewni – dokonywana jest ocena wpływu poszczególnych rodzajów poboru wód podziemnych na wielkość zasobów wód powierzchniowych, wyrażonych przepływem wód rzecznych w przekrojach bilansowych (Metodyka ..., 1992; Herbich, Tyszewski, 1994a, b; Herbich, 1997). Do bilansu dynamicznego wód powierzchniowych wprowadzany jest wieloletni ciąg wartości średnich przepływów dekadowych lub miesięcznych, zaś do bilansu statycznego – przepływy charakterystyczne dla wielolecia (*WWQ*, *WQ*, *SSQ*, *SNQ*, *NNQ*) lub przepływy o określonej gwarancji czasowej wystąpienia w wieloleciu (np. 50%, 90%, 96%).

W ustalaniu wpływu zagospodarowania wód podziemnych na przepływy rzeczne w przekrojach bilansowych brane są zarówno pobory z ujęć zlokalizowanych w zlewni zamkniętej przekrojem, jak również zrzuty ścieków powstałych po wykorzystaniu wód pobranych z tych ujęć i wprowadzonych do rzek bilansowanej zlewni; to samo dotyczy odwodnień kopalnianych, drenaży budowlanych itp. (Herbich, 1997).

Zarówno przeprowadzony dwustopniowo jednolity bilans wodnogospodarczy zlewni, jak sam bilans wód podziemnych rejonu wodnogospodarczego – pierwszy stopień bilansu jednolitego – jest postawą dla opracowania warunków korzystania z wód regionu wodnego i zlewni.

Warunki korzystania z wód regionu wodnego oraz zlewni są w rozumieniu ustawy z dnia 18 lipca 2001 r. Prawo wodne, podstawowymi dokumentami planistycznymi w zakresie gospodarowania wodami, a zarazem ważnymi instrumentami zarządzania zasobami wodnymi, nadrzędnymi nad pozwoleniami wodnoprawnymi. Warunki są narzędziem wspomagającym proces zarządzania zasobami wodnymi i kształtowania sposobu ich użytkowania zgodnie z zasadami zrównoważonego rozwoju regionu, z uwzględnieniem potrzeb wynikających z realnego i uzasadnionego interesu publicznego oraz zapewnieniem wszystkich wykonalnych działań w celu złagodzenia niekorzystnego wpływu korzystania z wód na ich stan. Głównym zadaniem warunków jest wspomaganie osiągnięcia celów środowiskowych Ramowej Dyrektywy Wodnej poprzez realizację działań zapewniających niepogarszanie istniejącego stanu wód oraz optymalizację efektów wdrożenia programów działań, ukierunkowanych zasadniczo na usuwanie niekorzystnych zmian w stanie wód i ograniczających niekorzystne presje antropogeniczne mogące prowadzić do pogorszenia stanu wód, ekosystemów wodnych i od wód zależnych (Tyszewski i in., 2008).

Tak określona rola warunków korzystania z wód zlewni w procesie osiągania celów Ramowej Dyrektywy Wodnej każe weryfikować ustalenia zasobów dyspozycyjnych wód podziemnych o bilans wodnogospodarczy, w którym zasoby wód podziemnych dostępne do zagospodarowania są określane jako średnioroczne dla długoterminowych okresów posusznych, występujących w warunkach cyklicznej zmienności warunków klimatycznych (Herbich, 1997, 2002a; Byczkowski i in., 2001).

Podstawowe kryteria środowiskowe ograniczające stopień zagospodarowania odnawialnych zasobów wód podziemnych przy ustalaniu zasobów dyspozycyjnych to konieczność zachowania przepływu nienaruszalnego rzeki oraz wymaganej wilgotności siedlisk bagiennych.

Zgodnie z powszechnie stosowaną metodyką ustalania zasobów dyspozycyjnych, podstawą określania ich ilości są średnie wieloletnie (z okresu co najmniej 20-lecia) zasoby odnawialne wód podziemnych jednostki hydrogeologicznej (obszaru bilansowego i rejonu wodnogospo-

darczego). Jest to uzasadniane warunkami hydrogeologicznymi występowania użytkowych poziomów wodonośnych w wielowarstwowych strukturach, sprzyjających znacznej inercji systemu i opóźnieniu czasowym jego reakcji na zmiany infiltracji opadów dłuższym niż wielolecie, stanowiące podstawę ustalenia zasobów odnawialnych jako wartości średniej.

Jednakże w sytuacji, gdy hydrodynamika głównego użytkowego poziomu wodonośnego (zwłaszcza stan retencji i odpływ do rzek) jest istotnie zależna od zmienności infiltracji opadów atmosferycznych w cyklach kilkuletnich, należy sprawdzić stopień spełnienia celów środowiskowych w warunkach serii lat posusznych oraz zagospodarowania wód podziemnych realizowanego lub planowanego w wysokości zasobów dyspozycyjnych, a także w wysokości poborów aktualnych – rzeczywistych, poborów dopuszczalnych pozwoleniami wodnoprawnymi i poborów prognozowanych.

W przypadku, gdy główny użytkowy poziom wodonośny jest pierwszym poziomem o zwierciadle swobodnym, pozostającym w dobrej więzi hydraulicznej z wodami powierzchniowymi i kształtującym stan obszarów bagiennych, pobór wód podziemnych w ilościach ustalonych na podstawie średniej wieloletniej odnawialności jego zasobów może spowodować spadek zasilania podziemnego rzek, obniżający natężenie przepływu rzek poniżej wartości przepływu nienaruszalnego – w skrajnym przypadku prowadzące do wyschnięcia cieku – oraz obniżenie zwierciadła wód gruntowych, powodujące przesuszenie terenów podmokłych. Niekorzystny wpływ zachwiania równowagi bilansowej w okresach posusznych może również objawić się pogorszeniem warunków zaopatrzenia w wodę użytkowników korzystających z własnych ujęć wód podziemnych, prowadzącym aż do zaniku wody w studniach.

Stwierdzenie takiego zagrożenia nieosiągnięciem celów Ramowej Dyrektywy Wodnej jest postawą do opracowania warunków korzystania z wód obejmujących odpowiednie programy działań, np. budowę zbiorników retencyjnych, przerzut wód z innej zlewni, piętrzenie wód powierzchniowych, budowę sieci wodociągowych, zarządzanie zrzutem oczyszczonych ścieków, a także okresową redukcję poboru wód podziemnych i optymalizację wykorzystania ich zasobów.

Wreszcie może zaistnieć potrzeba rewizji zasobów dyspozycyjnych wód podziemnych – ustalonych jako średnie wieloletnie – do wysokości zasobów możliwych do zagospodarowania z zachowaniem określonych wymogów środowiskowych w warunkach niskiej infiltracji opadów w okresie kilkuletniego cyklu lat posusznych, co jest warunkiem utrzymania dobrego stanu ilościowego wód podziemnych w rozumieniu Ramowej Dyrektywy Wodnej i jej implementacji do ustawy Prawo wodne. Tak ustalone zasoby dostępne do zagospodarowania w niniejszym opracowaniu określa się jako **zasoby gwarantowane (*ZDGw*)**.

Prowadzenie poboru wód podziemnych i planowanie jego wzrostu możliwe byłoby do wysokości gwarantowanych zasobów dostępnych do zagospodarowania. Nie byłoby konieczne w takiej sytuacji projektowanie i wdrażanie działań kompensujących spadek przepływu rzecznego poniżej przepływu nienaruszalnego i utrzymujących niezbędny stan wilgotności siedlisk podmokłych oraz zapewniających zaopatrzenie w wodę z płytkich ujęć studziennych.

Zasoby dyspozycyjne wód podziemnych ustalone dla warunków normalnych – średnich z wielolecia – byłyby wówczas podstawą dla prowadzenia lub planowania poboru wód podziemnych wraz z wymienionymi wyżej przykładowymi działaniami techniczno-organizacyjnymi, zapobiegającymi pogorszeniu stanu ilościowego wód podziemnych w rozumieniu nieosiągnięcia celów Ramowej Dyrektywy Wodnej.

Należy tu zauważyć, że kryteria środowiskowe ograniczające stopień zagospodarowania wód podziemnych, są w znacznym stopniu nieprecyzyjne, a ich ilościowe określenie może prowadzić do istotnych rozbieżności, zależnie od stosowanej metodyki ich obliczeń. Dotyczy to w szczególności przepływu nienaruszalnego rzek, co jest podnoszone od lat w pracach dotyczących bilansowania wodnogospodarczego wód podziemnych i powierzchniowych (Herbich, Tyszewski, 1994a, b; Sawicki, 1977). Najpowszechniej stosowana metoda Kostrzewy (Kostrzewa, 1977) określania przepływu w danym przekroju rzeki jako nienaruszalnego *Qnh*, według kryterium hydrobiologicznego, ustala go w zależności od średniego z najniższych rocznych przepływów wody w rzece w wieloleciu *SNQ* oraz od wielkości i charakteru zlewni zamkniętej analizowanym przekrojem, co jest określone współczynnikiem *K* (może on wynosić od 0,5 do 1,5).

W podobnym stopniu niejednoznaczne, trudne do zdefiniowania ilościowego i odwzorowania modelowego jest określenie – spowodowanego poborem wód podziemnych – obniżenia wysokości hydraulicznej w użytkowym poziomie wodonośnym i w związanym z nim poziomem wód gruntowych, wpływającej w sposób znaczący na stan ekosystemów podmokłych.

Wymienione powyżej czynniki mogą być zatem powodem wystąpienia deficytów lub niskiego poziomu rezerw zasobowych, wyłącznie z przyczyn związanych z zastosowaną metodyką obliczeń kryteriów środowiskowych, ograniczających stopień zagospodarowania zasobów wód podziemnych.

Osobne zagadnienie stanowi określanie wysokości poboru wód podziemnych jako elementu bilansu wodnogospodarczego. Poborem podlegającym inwentaryzacji jest pobór związany z użytkowaniem wód wymagającym uzyskania pozwolenia wodnoprawnego, co wymaga opomiarowania w celu naliczenia opłaty z tytułu szczególnego korzystania z wód. Nie podlega opomiarowaniu pobór realizowany w ilości do 5m^3/dobę w ramach zwykłego korzystania z wód – na cele gospodarstw domowych i rolnych. Nie jest objęty inwentaryzacją do celów bilansowych pobór prowadzony bez wymaganego pozwolenia wodnoprawnego, ze studzien często wykonanych również bez stosownych projektów przewidzianych Prawem geologicznym i górniczym, np. coraz powszechniejszy pobór wód podziemnych na potrzeby nawadniania rolniczego.

Niedoszacowanie – z wyżej wymienionych powodów – rzeczywistego aktualnego poboru wód podziemnych może być przyczyną wystąpienia rezerw zasobowych wyłącznie jako efektu braku miarodajnej identyfikacji poboru i jego skutecznej kontroli.

4.3. Bilans hydrogeologiczny i wodnogospodarczy

Zgodnie z przyjętą metodyką (Herbich, 2008), zakłada się, że w obszarach spływu wód podziemnych do ujęć pobór *U* równoważony jest zasilaniem użytkowych poziomów wodonośnych pochodzącym z infiltracji efektywnej *IE* opadów atmosferycznych, średniej – równomiernie rozłożonej w obrębie bilansowanej zlewni (w określonych przypadkach obszaru bilansowego lub rejonu wodnogospodarczego). Obszary spływu wód podziemnych do ujęć pomniejszają zlewnię podziemną, z której zachodzi odpływ do rzek, kontrolowany w przekroju wodowskazowym.

Granice zlewni jako jednostki bilansowej najczęściej określane są położeniem wododziału hydrograficznego (morfologicznego), który jest zgodny lub zbliżony do przebiegu wododziału zlewni podziemnej w pierwszym poziomie wodonośnym. W uzasadnionych hydrodynamicznie przypadkach zlewnię podziemną wyznacza wododział pierwszego użytkowego poziomu

wodonośnego o zasięgu regionalnym. Zlewnia bilansowa jest określana zasięgiem wododziału podziemnego wraz z obszarami spływu wód podziemnych do ujęć znajdujących się w jej granicach.

W nawiązaniu do literatury zagadnienia (Walton, 1970; Herbich, 1997) przyjęto, że ogólne równanie hydrogeologicznego bilansu zlewni w okresie *t* ma postać:

$$IE = ZSR + U \pm \Delta R \pm \Delta G = QG_x + ETD + U_x \pm \Delta R \pm \Delta G \qquad [L^3T^{-1}] \qquad [1]$$

gdzie:

- IE – infiltracja efektywna opadów atmosferycznych do poziomów wodonośnych w zlewni (wraz z obszarami spływu wód podziemnych do ujęć),
- ZSR – zasilanie podziemne stref dolinnych (dolinnych stref drenażowych) w obrębie zlewni,
- U – pobór z ujęć wód podziemnych,
- ΔR – zmiany stanu retencji wód w poziomach wodonośnych zlewni (wraz z obszarami spływu wód do ujęć) w okresie bilansowym *t*,
- ΔG – wymiana wód podziemnych (dopływ – odpływ) przez granice zlewni (jednostki bilansowej),
- QG_x – odpływ podziemny do rzek zlewni w warunkach poboru typu *x*,
- ETD – ewapotranspiracja wód podziemnych w dolinnych strefach stale lub sezonowo podmokłych, o zwierciadle wód gruntowych na głębokości mniejszej niż 1,5 m (ewapotranspiracyjny drenaż wód podziemnych w dolinnych strefach drenażowych),
- U_x – pobór z ujęć wód podziemnych, gdzie:
  - $x = Pa$ dla poboru aktualnego,
  - $x = Pr$ dla poboru prognozowanego,
  - $x = Dm$ dla poboru maksymalnego, dopuszczalnego w warunkach pełnego bezzwrotnego użytkowania zasobów wód podziemnych dostępnych do zagospodarowania; brane są pod uwagę zasoby gwarantowane.

Dla warunków, w których można przyjąć, że zarówno ΔR, jak ΔG są zaniedbywalnie małe, równanie [1] przybiera postać:

$$IE = ZSR = QG_x + ETD + U_x \qquad [L^3T^{-1}] \qquad [1a]$$

W sytuacji, gdy w skład przepływu rzecznego *QG* pochodzącego z zasilania podziemnego w przekroju bilansowym wchodzi zrzut ścieków *S* powstałych po użytkowaniu wód pobranych z ujęć podziemnych z łącznym wydatkiem *U* oraz, gdy zrzut ten jest wysoki w odniesieniu do poboru ($\frac{S}{U} > 0{,}75$), można przyjąć, że:

$$IE = QG + ETD \qquad [L^3T^{-1}] \qquad [1b]$$

Wówczas dostępne do zagospodarowania zasoby wód podziemnych *ZDG* jednostki bilansowej, dla której ustalono przepływ rzeczny *QG* pochodzący z zasilania podziemnego, mogą być oszacowane z zależności:

$$ZDG = QG - Qnh \qquad [L^3T^{-1}] \qquad [2]$$

gdzie:

Qnh – przepływ nienaruszalny.

Zachowanie niezmienionych istotnie warunków siedliskowych w obrębie dolinnego tarasu niskiego podmokłego jest uwzględnione poprzez wyznaczenie zasobów dostępnych *ZDG* w odniesieniu do przepływu *QG* podziemnego rzeki, tworzonego z zasilania podziemnego *ZSR* doliny, pomniejszonego o drenaż ewapotranspiracyjny w obrębie tarasu niskiego.

Ustalenie środowiskowych i hydrodynamicznych czynników oraz uwarunkowań formalnych stało się podstawą dla określeniu celu bilansu wodnogospodarczego wód podziemnych, zdefiniowania jego składników oraz opracowania procedury jego przeprowadzenia z uwzględnieniem potrzeb bilansu wodnogospodarczego wód powierzchniowych.

W równaniu bilansu wodnogospodarczego wód podziemnych jednostki bilansowej zestawiane są dostępne do zagospodarowania zasoby wód podziemnych *ZDG* i pobór wód podziemnych U_X a wynikiem bilansu jest rezerwa $+\Delta ZDG$ lub deficyt $-\Delta ZDG$ zasobów dostępnych:

$$\Delta ZDG = ZDG - U_x \qquad [L^3T^{-1}] \qquad [3]$$

gdzie:

ZDG – zasoby dostępne, określone jako zasoby dyspozycyjne *ZD*, perspektywiczne *ZP* lub gwarantowane *ZDGw* ustalone dla jednostki bilansowej,

U_x – pobór wód podziemnych – zależnie od bilansu: U_{Pa} – aktualny – rzeczywisty, U_{Dm} – dopuszczalny pozwoleniem wodnoprawnym, U_{Pr} – prognozowany na rok 2030.

Procedura przeprowadzenia bilansu wodnogospodarczego wód podziemnych, z uwzględnieniem wpływu ich zagospodarowania na przepływ wód rzecznych, obejmuje działania prowadzące do ustalenia gwarantowanych zasobów wód podziemnych dostępnych do zagospodarowania (*ZDGw*), oceny stanu rezerw zasobowych w warunkach poboru aktualnego i prognozowanego, określenia wpływu zagospodarowania zasobów wód podziemnych na przepływ rzeczny. Przyjęta procedura obejmuje następujące główne etapy:

- Określenie poboru wód podziemnych *U* i stopnia zwrotu do rzek bilansowanej zlewni wód *S*.
- Ustalenie zlewni reprezentatywnej (*ZB*) dla bilansowanego rejonu wodnogospodarczego (*RWG*).
- Określenie dostępnych dla zagospodarowania zasobów wód podziemnych jako zasobów gwarantowanych ($ZDGw_{ZB}$) w zlewni bilansowej i w rejonie wodnogospodarczym ($ZDGw_{RWG}$).
- Określenie stanu rezerw $\Delta ZDGw_{RWG}$ zasobów wód podziemnych dostępnych do zagospodarowania (gwarantowanych) w rejonie wodnogospodarczym wód podziemnych (dla poboru aktualnego i prognozowanego).
- Określenie wpływu poboru wód podziemnych na przepływ rzeki (*QG*, *SQ*) w przekroju wodowskazowym, zamykającym zlewnię bilansową.

4.4. Pobór wód podziemnych i stopień zwrotu ścieków do rzek bilansowanej zlewni

W bilansach wodnogospodarczych uwzględniany jest pobór wód podziemnych określany jako:

U_{Pa} – pobór aktualny – rzeczywisty (ustalony na 2009 r.),
U_{Pr} – pobór prognozowany na rok 2030,
U_{Dm} – pobór maksymalny dopuszczalny.

Pobór U_{Pa} aktualny – rzeczywisty określany jest jako sumaryczny pobór z ujęć studziennych, zlokalizowanych w bilansowanym rejonie wodnogospodarczym (zlewni wodowskazowej), dotyczący użytkowników wymagających uzyskania pozwolenia wodnoprawnego, rejestrowany urządzeniami pomiarowymi i podlegający zgłaszaniu w celu naliczenia opłat za korzystanie z wód. Na pobór ten składa się głównie kontrolowana eksploatacja ujęć wód podziemnych do celów komunalnych (wodociągowego zaopatrzenia gospodarstw domowych, na cele socjalne, służb miejskich itp.), przemysłowych (produkcyjnych, chłodniczych, socjalnych), rolniczych (hodowlanych, nawodnieniowych), odwodnieniowych (górniczych, budowlanych) (Gałkowski i in., 2011). Po stronie poborów uwzględniono pobór w ramach odwodnienia kopalń, m.in. odwodnienia eksploatowanych złóż (wg bazy MIDAS) oraz wartości poboru w ramach odwodnień nieczynnych zakładów górniczych, prowadzonych przez Centralny Zakład Odwadniania Kopalń.

Prawo wodne zezwala na zwykłe korzystanie z wód nie wymagające uzyskania pozwolenia wodnoprawnego na pobór z własnego ujęcia, o ile służy ono do zaspakajania potrzeb gospodarstwa domowego i rolnego w ilościach nie przekraczających 5 m^3/dobę. Uwzględnianie w rachunkach bilansowych takiego poboru wymagałoby albo jego inwentaryzacji w trybie szacunkowej oceny jego wysokości u poszczególnych użytkowników, albo przyjęcia założenia, że bilans powinien uwzględniać prawo tych użytkowników do poboru 5 m^3/dobę. Aktualnie obowiązujące przepisy nie regulują tego zagadnienia poprzez wprowadzenie obowiązkowego pomiaru poboru realizowanego w ramach zwykłego korzystania z wód i kontroli takiego poboru przez jednostki mające takie kompetencje w odniesieniu do poboru wymagającego pozwolenia wodnoprawnego.

Zagadnienie to należy również rozpatrywać w aspekcie charakteru ujmowanych warstw wodonośnych przez ujęcia użytkowników nie wymagających uzyskania pozwolenia na pobór. Są to w większości przypadków studnie kopane, czerpiące wodę z płytkich warstw zawodnionych, nie spełniających kryteriów użytkowych poziomów wodonośnych. Ponieważ w ustalaniu zasobów dyspozycyjnych najczęściej są uwzględniane dostępne do zagospodarowania zasoby użytkowych poziomów wodonośnych, to pominięcie poboru ze studzien kopanych nie wpływa na dokładność bilansów wodnogospodarczych. Ponadto znaczna część nadal sprawnych ujęć tego typu nie jest likwidowana, mimo że ich użytkownicy zaopatrują się w wodę z wodociągów zbiorczych.

Mając to na uwadze, w wykonanych obliczeniach bilansowych dla poboru aktualnego – rzeczywistego U_{Pa} nie uwzględniono wartości poboru nierejestrowanego na cele mieszczące się w ramach zwykłego korzystania z wód oraz poboru niekontrolowanego, odbywającego się bez wymaganego pozwolenia wodnoprawnego. Pobór U_{Pa} ustalony na 2009 rok przyjęto z bazy danych „Pobory wód podziemnych", prowadzonej w Państwowym Instytucie Geolo-

gicznym – Państwowym Instytucie Badawczym w ramach realizacji zadania 16 państwowej służby hydrogeologicznej (Gałkowski i in., 2011).

Pobór U_{Pr} prognozowany na rok 2030 został oszacowany z zastosowaniem wskaźnika zwiększającego o 15% pobory aktualne. Przyjęto, że odzwierciedla to spodziewany wzrost potrzeb wodnych użytkowników istniejących i użytkowników potencjalnych przy jednoczesnym wdrożeniu technologii wodooszczędnych oraz uwzględnia pełne zewidencjonowanie i opomiarowanie poboru z ujęć wód podziemnych (licznikami przepływu lub w formie ryczałtu).

Pobór U_{Dm} maksymalny dopuszczalny jest przyjęty w wysokości zasobów gwarantowanych wód podziemnych określonych dla rejonu wodnogospodarczego lub obszaru bilansowego (z założeniem pełnego wykorzystania gwarantowanych zasobów wód podziemnych dostępnych do zagospodarowania). Gdy przeprowadzany jest bilans dla stanu średniego wieloletniego – normalnego, rozważane są zasoby dyspozycyjne lub perspektywiczne.

W określaniu wpływu zagospodarowania wód podziemnych na przepływ rzeczny przyjęto, że ścieki S stanowią określoną i stałą część poboru U oraz, że są odprowadzane do rzek bilansowanej zlewni i współtworzą zasoby wód powierzchniowych w aspekcie ilościowym, zwłaszcza gdy są oczyszczone w stopniu nie obniżającym jakości wód rzecznych.

W prowadzonych badaniach bilansowych istotne jest określenie zakresu zmian przepływów rzecznych wywołanych różnymi wariantami zagospodarowania zasobów wód podziemnych – poboru z ujęć i stopnia zwrotu w postaci ścieków. Obliczenia zmiany średniego przepływu rocznego rzek całkowitego (SQ_R) i pochodzenia podziemnego (QG_R), przeprowadzono dla następujących wariantów stopnia z zwrotu pobranych wód w postaci ścieków:

$$S = zU \qquad [L^3T^{-1}] \qquad [4]$$

$S = 0$ – **użytkowanie bezzwrotne** (pobór bezzwrotny) występuje wtedy, gdy całość pobranych wód jest zużytkowana bez odprowadzania ścieków do rzek lub ścieki są odprowadzane do odbiornika poza granicami bilansowanej zlewni ($z = 0$);

$S = 0{,}25\ U$ – **użytkowanie częściowo zwrotne** (pobór częściowo zwrotny) – zwrotowi do rzek zlewni podlega $z = 25\%$ pobranych wód podziemnych U w postaci ścieków S o jakości kwalifikującej wody rzeczne jako użytkowe do celów co najmniej rolniczych;

$S = 0{,}75\ U$ – **użytkowanie w większości zwrotne** (pobór w większości zwrotny) – zwrotowi do rzek zlewni podlega $z = 75\%$ pobranych wód podziemnych U w postaci ścieków S o jakości kwalifikującej wody rzeczne jako użytkowe do celów co najmniej rolniczych.

4.5. Gwarantowane dostępne do zagospodarowania zasoby wód podziemnych zlewni bilansowej i rejonu wodnogospodarczego

Dostępne do zagospodarowania zasoby wód podziemnych jednostki bilansowej uznaje się jako gwarantowane, gdy spełniają one wymogi ilościowych kryteriów środowiskowych w reprezentatywnej dla wielolecia serii lat posusznych – zapewniają pokrycie potrzeb wodnych ekosystemów zależnych od wód podziemnych.

Wielkość wyznaczonych zasobów gwarantowanych uwzględnia zatem konieczność utrzymania przepływu rzeki nie niższego od przepływu nienaruszalnego Qnh, ustalonego według kryterium hydrobiologicznego.

Ustalenie zasobów dostępnych do zagospodarowania, oparte na przepływie rzecznym, pochodzącym z zasilania podziemnego uwzględnia również warunek zaspokojenia potrzeb wodnych dolinnych ekosystemów podmokłych o wysokiej ewapotranspiracji, pokrywanej częściowo z płytko położonego zwierciadła wód gruntowych (por. równanie [1]: zasilanie podziemne stref dolinnych rozkłada się na drenaż ewapotranspiracyjny wód gruntowych i odpływ podziemny do rzek).

Należy tu podkreślić, że najpoważniejszym problemem metodycznym ustalania dostępnych do zagospodarowania zasobów wód podziemnych – zarówno dyspozycyjnych, perspektywicznych, jak i gwarantowanych – wymagającym pilnego rozwiązania w sposób racjonalnie uzasadniony jest niejednoznaczność lub wręcz dowolność w ustalaniu przepływu nienaruszalnego jako kryterium środowiskowego ograniczającego pobór i użytkowanie wód zlewni – zarówno podziemnych, jak i powierzchniowych.

Najprostszym sposobem wyznaczenia hydrobiologicznego przepływu nienaruszalnego jest wykorzystanie statystycznej analizy przepływów niskich okresowych, występujących w wieloleciu (najniższych rocznych, najdłużej trwających, o określonej gwarancji wystąpienia i innych), z uwzględnieniem wielkości zlewni i jej typu geomorfologicznego (Kostrzewa, 1977; Witowski i in., 2001). W wyniku przeprowadzonych obliczeń na podstawie pomiarów na przekrojach wodowskazowych rzeki głównej i jej dopływów uzyskiwane są wartości przepływów nienaruszalnych, nie nadające się do wykorzystania w ustaleniach zasobowych i w bilansie wodnogospodarczym (Herbich, Tyszewski, 1994a, b). Powody dla sformułowania takiej oceny są liczne, a spośród najczęściej podnoszonych zastrzeżeń należy wymienić:

- nieosiąganie obliczonej wielkości przepływu nienaruszalnego przez obserwowany pomiarami wieloletnimi przepływ rzeczny w długich okresach czasu;
- ujemne wartości przepływu nienaruszalnego określanego dla zlewni różnicowych opartych na dwu i więcej wodowskazach;
- skrajnie niskie lub wręcz ujemne wartości dostępnych do zagospodarowania zasobów wód podziemnych ustalone przy użyciu wzoru [9];
- wykazanie znacznych rezerw albo deficytu dostępnych do zagospodarowania zasobów wód podziemnych w zależności od wykorzystanej metody ustalania przepływu nienaruszalnego rzeki.

Obliczenia wielkości **gwarantowanych dostępnych do zagospodarowania zasobów wód podziemnych** $ZDGw_{ZB}$ zlewni bilansowej i $ZDGw_{RWG}$ rejonu wodnogospodarczego przeprowadzono wykorzystując opracowane w tym celu procedury obliczeniowe: algorytm 1 i algorytm 2.

Algorytm 1 – stosowany w obliczeniach prowadzonych dla zlewni bilansowej (*ZB*) z wieloletnimi danymi pomiarowymi dla zamykającego przekroju wodowskazowego, miarodajnymi dla identyfikacji przepływu pochodzącego z zasilania podziemnego i określenia przepływu nienaruszalnego. Zlewnię bilansową może stanowić rejon wodnogospodarczy, jeżeli jego zasięg został tak wyznaczony.

a. Ustalenie czasu opóźnienia *CI* dla reprezentatywnej zlewni bilansowej na podstawie analizy zmienności średniego rocznego przepływu podziemnego QG_R, w zamykającym ją przekroju wodowskazowym (Herbich, 2002a; Byczkowski i in., 2001), z wykorzystaniem zależności (wynik obliczeń zaokrąglano do pełnych lat):

$$CI = 18{,}12 \ln \zeta^{-1{,}690} \qquad \text{[lata]} \qquad [5]$$

gdzie:

$$\zeta = \frac{QG_{RMAX}}{QG_{RMIN}} \qquad [-] \qquad [6]$$

b. Ustalenie przepływu podziemnego jako gwarantowanego QG_g w przekroju wodowskazowym zamykającym reprezentatywną zlewnię bilansową. Jako QG_g wyznaczany jest przepływ rzeczny z zasilania podziemnego $QG_{R(CI)MIN}$ najniższy ze średnich przesuwanych w wieloleciu z krokiem czasowym równym *CI*. Procedurę wyboru najniższej w wieloleciu wartości średniego z okresu *CI* zasilania podziemnego rzek zlewni bilansowej prowadzono (zależnie od wyniku analizy stosunku wartości QG_g do *Qnh* i oceny błędu ich ustalenia) z wykorzystaniem wzoru [7] lub [7a]:

$$QG_g = QG_{R(Clt)MIN} = MIN\left[\frac{QG_{Clt}}{CI}\right]_{t=CI}^{t=n} \qquad [\mathrm{m^3/s}] \qquad [7]$$

$$QG_g = QG_{R(Clt)MIN} = \frac{1}{n-CI}\sum_{t=CI}^{t=n}\left[\frac{QG_{Clt}}{CI}\right] - \sigma \qquad [\mathrm{m^3/s}] \qquad [7a]$$

gdzie:

QG_g – przepływ podziemny gwarantowany,

$QG_{R(CIt)MIN}$ – najniższy w wieloleciu *n* średni roczny z okresów *CI* przepływ rzeczny z zasilania podziemnego [m^3/s],

QG_{CIt} – średni roczny przepływ z zasilania podziemnego z okresu *CIt* [m^3/s],

CI_t – okres poprzedzający rok *t* o czas równy czasowi opóźnienia (czasowi inercji *CI*), [lata],

t – rok hydrologiczny w wieloleciu, dla którego wyznaczana jest wartość $QG_{Rt(CIt)}$ jako średnia z poprzedzającego okresu *CI* lat,

n – liczba lat w wieloleciu,

σ – odchylenie standardowe wartości średnich przesuwanych w wieloleciu z krokiem czasowym równym *CI*.

c. Określenie przepływu nienaruszalnego rzeki *Qnh* w przekroju wodowskazowym według kryterium hydrobiologicznego jako środowiskowego ograniczenia dla poboru wód podziemnych z ujęć w zlewni zamkniętej przekroju wodowskazowym. Wartość *Qnh* przyjmowano za Kostrzewą (1977) lub wyznaczano z wykorzystaniem zależności:

$$Qnh = K \cdot Q_{RMIN} \qquad [\mathrm{m^3/s}] \qquad [8]$$

gdzie:

K – współczynnik zależny od powierzchni i typu geomorfologicznego zlewni; dla bilansowanych zlewni przyjmowano $K = 0{,}4 \div 0{,}8$; najczęściej $K = 0{,}6$.

Q_{RMIN} – przepływ najniższy roczny [m^3/s]

d. Gwarantowane dostępne do zagospodarowania zasoby wód podziemnych $ZDGw_{ZB}$ zlewni bilansowej ustalane są zgodnie z zależnością:

$$ZDGw_{ZB} = QGg - Qnh \qquad [\mathrm{m^3/s, m^3/d}] \qquad [9]$$

Algorytm 2 – stosowany jest w obliczeniach prowadzonych dla rejonu wodnogospodarczego (*RWG*) stanowiącego hydrodynamiczną jednostkę bilansową, dla której brak bezpośrednich wieloletnich pomiarów wodowskazowych z przepływem rzecznym, są one niedostępne ze względu koszt udostępnienia lub są niemiarodajne (np. w wyniku antropogenicznego przekształcania przepływu, błędów pomiarowych lub interpretacyjnych). Rejon ten stanowi część większej zlewni bilansowej, kontrolowanej wodowskazowo z odpowiednimi danymi pomiarowymi, dla której zostały ustalone gwarantowane $ZDGw_{ZB}$ dostępne do zagospodarowania zasoby wód podziemnych. Gwarantowane zasoby $ZDGw_{RWG}$ wód podziemnych rejonu wodnogospodarczego dostępne do zagospodarowania są wówczas określane z wykorzystaniem zależności:

$$ZDGw_{RWG} = \varphi \cdot ZDGw_{ZB} \frac{A_{RWG}}{A_{ZB}} \qquad [\mathrm{m^3/s,\ m^3/d}] \qquad [10]$$

gdzie:

A_{RWG}, A_{ZB} – powierzchnia, odpowiednio, rejonu wodnogospodarczego i zlewni bilansowej [km^2],

φ – współczynnik korygujący, określający zróżnicowanie warunków hydrogeologicznych, kształtujących dostępne do zagospodarowania zasoby wód podziemnych rejonu wodnogospodarczego w stosunku do warunków panujących w zlewni bilansowej, obejmującej rejon wodnogospodarczy [–].

$\varphi = 1$ – gdy warunki hydrogeologiczne kształtujące dynamikę układu krążenia wód podziemnych (odpływu podziemnego *qg*, czasu inercji *CI*) rejonu wodnogospodarczego i zlewni bilansowej są w wysokim stopniu zbliżone.

Gdy rejon wodnogospodarczy i zlewnia bilansowa różnią się znacznie pod względem dominującego w nich typu warunków hydrogeologicznych, wówczas wartość φ określana jest wzorem:

$$\varphi = \frac{qg_B \cdot CI_B}{qg_A \cdot CI_A} \qquad [-] \qquad [11]$$

gdzie:

indeksy *B* i *A* oznaczają odpowiednie parametry zlewni bilansowej *B* oraz zlewni – analogu *A* o warunkach hydrogeologicznych w wysokim stopniu zbliżonych do panujących w rejonie wodnogospodarczym (zlewni kontrolowanej wodowskazowo z odpowiednimi danymi pomiarowymi, dla której zostały ustalone gwarantowane $ZDGw_{ZB}$ dostępne do zagospodarowania zasoby wód podziemnych).

W wariancie optymalnym, obliczenia bilansowe prowadzone są dla kontrolowanej wodowskazowo zlewni bilansowej (*ZB*), obejmującej bilansowany rejon wodnogospodarczy wód podziemnych lub zlewni reprezentatywnej (lub przyjętej jako analogowa) dla bilansowanego rejonu wodnogospodarczego. Zlewnie reprezentatywne (zlewnie – analogi, z których wskaźniki odnawialności zasobów przenoszone były na obszary bilansowe i rejony wodnogospodarcze zgodnie z zasadą analogii hydrogeologicznej) dobrane zostały spośród zlewni wodowskazowych, dla których dostępne były wartości przepływów średnich rocznych *SQ* i średnich rocznych przepływów z zasilania podziemnego *QG* dla 20-lecia 1951–1970.

Wartość pochodzącego z zasilania podziemnego przepływu rzecznego średniego rocznego dla okresu 1951–1970 w wybranych 185 przekrojach wodowskazowych jest podana w Atlasie hydrologicznym Polski (1986). Na ich podstawie zestawiono ciągi przepływów pochodzenia podziemnego w dwudziestoleciu 1951–1970. Wśród zlewni wodowskazowych wstępnie wy-

typowanych do analizy, blisko 30% stanowiły zlewnie o powierzchniach powyżej 2000 km^2, obejmujących po kilka rejonów wodnogospodarczych, często całe obszary bilansowe.

Taki układ uznano za niekorzystny ze względu na zagrożenie generowaniem znacznych błędów przy przenoszeniu danych z wodowskazu rejestrującego przepływ uśredniający warunki panujące w dużej zlewni na rejony wodnogospodarcze o dużo mniejszych powierzchniach i odmiennych warunkach kształtowania odpływu. Ponieważ dysponowano zbyt małą liczbą przekrojów wodowskazowych z pełnym zakresem informacji dotyczących przepływu pochodzenia podziemnego i dodatkowo spełniających kryteria dla zlewni reprezentatywnych, zbiór zlewni – analogów uzupełniono o te spośród zlewni kontrolowanych wodowskazowo, dla których dostępne były wartości przepływów średnich rocznych SQ_R i przepływów średnich półrocznych z najniższych miesięcznych przepływów z półrocza letniego (maj–październik) $SNMQ_L$. Wartości te pozyskano głównie dla okresu lat 1971–1983, przetwarzając dane dostępne w opublikowanych rocznikach hydrologicznych IMGW.

Dobór zlewni reprezentatywnej obejmował analizę stopnia wzajemnej zgodności warunków hydrogeologicznych i obszarów zlewni kontrolowanej wodowskazowo i rejonu wodnogospodarczego oraz analizę zgodności. Za najkorzystniejszy układ uznawano wzajemne pokrywanie się co najmniej 80% obszarów zlewni i rejonu wodnogospodarczego. W części przypadków obszar rejonu wodnogospodarczego i zlewni był zbieżny. W takiej sytuacji obliczenie zasobów dostępnych dla zagospodarowania w obrębie rejonu wodnogospodarczego nie wymagało korekty modułu odpływu podziemnego zlewni. W pozostałych przypadkach posługiwano się danymi ze zlewni kontrolowanej wodowskazowo, obejmującej analizowany rejon wodnogospodarczy. Stosowany algorytm obliczeniowy uwzględniał wyrażone współczynnikiem φ (wzór [11]) korygującym zróżnicowanie pomiędzy warunkami hydrogeologicznymi kształtującymi dostępne do zagospodarowania zasoby wód podziemnych rejonu wodnogospodarczego w stosunku do warunków panujących w największej zlewni bilansowej zamkniętej wodowskazem i zawierającej analizowany rejon wodnogospodarczy/obszar bilansowy.

4.6. Stan rezerw $\Delta ZDGw_{RWG}$ zasobów wód podziemnych dostępnych do zagospodarowania w rejonie wodnogospodarczym wód podziemnych

W bilansowej ocenie stanu rezerw zasobów dostępnych do zagospodarowania, przeprowadzanej w obszarach bilansowych z dokładnością ich podziału na rejony wodnogospodarcze, z uwzględnieniem wpływu poboru na wody powierzchniowe, ustalane są następujące elementy:

- suma zasobów gwarantowanych wód podziemnych, dostępnych do wykorzystania w rejonie wodnogospodarczym (w m^3/s, m^3/d),
- pobór aktualny wód podziemnych w rejonie wodnogospodarczym (w m^3/s, m^3/d),
- pobór prognozowany wód podziemnych w rejonie wodnogospodarczym (w m^3/s, m^3/d),
- stopień aktualnego wykorzystania zasobów wód podziemnych w rejonie wodnogospodarczym.
- stopień prognozowanego wykorzystania zasobów wód podziemnych w rejonie wodnogospodarczym, wyrażony w %,
- wielkość rezerw (deficytu) zasobów tzw. gwarantowanych wód podziemnych w rejonie wodnogospodarczym (w m^3/s, m^3/d).

Bilans wodnogospodarczy wód podziemnych w rejonie wodnogospodarczym, mający na celu ocenę stanu rezerw lub deficytów gwarantowanych zasobów dostępnych do zagospodarowania w warunkach poboru wód podziemnych, wykonywany jest dla:

a) poboru aktualnego – rzeczywistego (wg stanu na 2009 r.):

$$\Delta ZDGw_{RWG(Pa)} = ZDGw_{RWG} - U_{Pa} \qquad [m^3/s, m^3/d] \qquad [12a]$$

b) poboru dopuszczalnego pozwoleniem wodnoprawnym (wg stanu na 2009 r.):

$$\Delta ZDGw_{RWG(Pw)} = ZDGw_{RWG} - U_{Pw} \qquad [m^3/s, m^3/d] \qquad [12b]$$

c) poboru prognozowanego z perspektywą do 2030 roku:

$$\Delta ZDGw_{RWG(\mathrm{Pr})} = ZDGw_{RWG} - U_{Pr} \qquad [m^3/s, m^3/d] \qquad [12c]$$

Bilansu wodnogospodarczego w warunkach poboru U_{Dm}, równego zasobom dostępnym do zagospodarowania – w tym gwarantowanym $ZDGw_{RWG}$ – z definicji nie przeprowadza się, gdyż:

$$U_{Dm} =_{def} ZDGw_{RWG} \qquad [m^3/s, m^3/d] \qquad [12d]$$

Podstawowy zbiór danych wejściowych do obliczeń zasobów gwarantowanych stanowiły przepływy pochodzenia podziemnego w przekrojach wodowskazowych średnie roczne z lat 1951–1970 (Atlas hydrologiczny Polski, 1986), przepływy charakterystyczne *SNQ* dla półrocza letniego z okresu 1971–1983 (Roczniki hydrologiczne wód powierzchniowych, IMGW) oraz przyjęte przepływy nienaruszalne (Kostrzewa, 1977).

Informacje o poborach wód aktualnych – rzeczywistych wg stanu na 2009 r. podano zgodnie z bazą danych „Pobór wód podziemnych" (Gałkowski i in., 2011). Prognozowane pobory wody z perspektywą do 2030 przeliczono z zastosowaniem wskaźnika zwiększającego o 15% pobory aktualne.

Wyniki ustaleń zasobowych zestawiono w tabeli elementów bilansu dla rejonów wodnogospodarczych, w nawiązaniu do numeracji obszarów bilansowych wraz z sumą ustalonych gwarantowanych zasobów wód podziemnych, poborów wód w obszarach bilansowych wraz z określeniem stopnia ich wykorzystania (tab. 13).

Stopień wykorzystania zasobów wód podziemnych dostępnych do zagospodarowania określono za pomocą wskaźnika stanu zasobów (α).

$$\alpha = \frac{U}{ZDGw} \cdot 100\% \qquad [-] \qquad [13]$$

gdzie:

α – wskaźnik stanu zasobów określa stopień wykorzystania gwarantowanych zasobów wód podziemnych dostępnych do zagospodarowania (*ZDGw*) bilansowanego systemu hydrogeologicznego z uwzględnieniem występującego w nim poboru (*U*) z ujęć wód podziemnych, prowadzonego w ramach szczególnego korzystania z wód, tj. wymagającego pozwolenia wodnoprawnego (głównie na cele zbiorowego zaopatrzenia ludności w wodę oraz na potrzeby przemysłowe, rolnicze i odwodnieniowe).

Tabela 4

Klasy względnego stanu rezerw zasobów gwarantowanych wód podziemnych dostępnych do zagospodarowania

Przedział wartości wskaźnika	Określenie stopnia wykorzystania zasobów	Określenie stanu rezerw zasobów
$\alpha \leq 15$	bardzo niski	bardzo wysokie rezerwy
$15 > \alpha \leq 30$	niski	wysokie rezerwy
$30 > \alpha \leq 60$	średni	średnie rezerwy
$60 > \alpha \leq 75$	wysoki	niskie rezerwy
$75 > \alpha \leq 90$	bardzo wysoki	bardzo niskie rezerwy
$90 > \alpha \leq 100$	pełny	zagrożenie brakiem rezerw
$\alpha > 100$	nadmierny	brak rezerw – deficyt

W wyznaczeniu stopnia α nie uwzględniano poboru prowadzonego w ramach zwykłego korzystania z wód, tj. na potrzeby indywidualnych gospodarstw domowych i rolnych nie przekraczającego 5 m^3/d.

Stopień wykorzystania dostępnych do zagospodarowania zasobów zwykłych wód podziemnych obszaru bilansowego scharakteryzowano zaliczeniem go do jednej z 7 klas stanu rezerw zasobów, zdefiniowanych określonym przedziałem wartości α (tab. 4).

4.7. Wpływ poboru wód podziemnych na przepływ rzeki (*SQ*, *QG*) w przekroju wodowskazowym zamykającym zlewnię bilansową

Określenie wpływu poboru wód podziemnych na przepływy rzeczne jest elementem stanowiącym o jednolitym charakterze bilansu wodnogospodarczego zlewni. Pełna korekta przepływów rzecznych w przekroju bilansowym o wpływ zagospodarowania wód podziemnych zlewni obejmuje również uwzględnienie zwrotu części pobranych wód w postaci powstałych ścieków (lub wód kopalnianych), wprowadzonych do rzeki powyżej przekroju bilansowego. W obliczeniach uwzględniane są rodzaje poboru wód stosownie do charakteru przeprowadzanego bilansu wodnogospodarczego dla stanu aktualnego – rzeczywistego, stanu aktualnego – formalnie dopuszczalnego, stanu prognozowanego dla określonego horyzontu czasowego oraz dla stanu poboru w wysokości ustalonych zasobów dyspozycyjnych wód podziemnych.

Skorygowane wartości przepływów rzecznych w przekrojach bilansowych są traktowane wówczas jako zasoby wód powierzchniowych i zestawiane z poborami lub potrzebami ich użytkowników.

W obliczeniach korekty przepływu wód rzecznych o wpływ poboru wód podziemnych w zlewni zamkniętej przekrojem bilansowym, infiltrację efektywną *IE* wprowadzano do obliczeń jako wieloletni ciąg wartości średnich rocznych, charakteryzujących zlewnię (z wyłączeniem stref dolinnego drenażu ewapotranspiracyjnego) w sposób jednorodny przestrzennie. Ciąg ten tworzą średnie przesuwane wartości infiltracji $IE_{C(t)}$, ustalane dla okresów poprzedzających dany

rok hydrologiczny *t* o czas inercji *CI*. W obliczeniach przyjęto średni czas inercji *CI* bilansowanej zlewni, określony z wykorzystaniem empirycznego związku korelacyjnego pomiędzy stosunkiem ekstremalnych w wieloleciu wartości średniego rocznego odpływu podziemnego $QG_{R(MAX)}/QG_{R(MIN)}$ w 27 badanych zlewniach – a wartościami czasu inercji *CI*, ustalonymi dla tych zlewni na podstawie parametrów hydrogeologicznych kształtujących inercję systemu wodonośnego (Byczkowski i in., 2001, Herbich, 2002a, b).

W metodyce prowadzonych obliczeń przyjęto (Herbich, 2008), że 20-letnie z okresu 1951–1970 (lub 1971–1990, zależnie od dostępności materiałów hydrologicznych) ciągi średniorocznych wartości przepływu rzecznego całkowitego i z zasilania podziemnego rzek w przekrojach wodowskazowych zamykających zlewnie bilansowe będą ciągami testowymi do ustalania zmian przepływu pod wpływem poboru wód podziemnych aktualnego – rzeczywistego U_{Pa}, poboru prognozowanego U_{Pr} oraz poboru maksymalnego $U_{Dm} = ZDGw$. Założenie to zostało wprowadzone ze świadomością istniejącego w tych wieloleciach antropogenicznego kształtowania przepływów rzecznych zarówno przez pobór wód podziemnych, jak i przez zrzut wytworzonych ścieków, wód kopalnianych z odwodnień górniczych itp. Należy tu podkreślić, że powstały błąd mieści się w ogólnym błędzie metody, kształtowanym wszystkimi uproszczeniami zastosowanymi we wzorach obliczeniowych oraz w określaniu wielkości składników bilansu wodnogospodarczego.

W schemacie obliczeniowym przyjmuje się, że pobór *U* z ujęć wód podziemnych zlokalizowanych w obrębie bilansowanej zlewni wytwarza obszary zasilania ujęć o łącznej powierzchni *AZU*, redukujące powierzchnię obszarów zasilania *AZ* w zlewni podziemnej rzeki do powierzchni *AZR*. W przyjętej metodyce obliczeń zakłada się stałość położenia zewnętrznego wododziału zlewni podziemnej rzeki po bilansowy przekrój kontrolny ($AZ = AZU+AZR$ = const.). Zakłada się również, że drenaż wód podziemnych w dolinach rzecznych w warunkach wzrostu poboru wód podziemnych maleje w wyniku redukcji zlewni podziemnej rzeki, natomiast nie zmienia swej struktury. Oznacza to, że zasilanie podziemne rzek *QG* i ewapotranspiracja *ETD* wód gruntowych tarasu łąkowego ulegają redukcji wzajemnie proporcjonalnej (QG/ETD = const.). Ograniczeniem dla spadku drenażu ewapotranspiracyjnego jest warunek zachowania przepływu podziemnego w wysokości przepływu nienaruszalnego, co można uznać za kryterium dopuszczalnego stopnia zmian warunków siedliskowych niskiego tarasu doliny rzecznej.

W prowadzonych obliczeniach nie uwzględnia się infiltracji wód powierzchniowych do poziomów wodonośnych w obszarach zasilania ujęć wód podziemnych, obejmujących koryta rzek lub misy jeziorne. W zakresie przepływów niskich – najistotniejszych dla oceny gwarancji czasowej zaspokojenia potrzeb użytkowników wód powierzchniowych – zakłada się, że w rachunku bilansowym redukcja przepływu ewentualną infiltracją wód powierzchniowych jest uwzględniona redukcją zlewni podziemnej rzeki o obszar zasilania ujęcia głębinowego.

Odpływ podziemny rzek QG_{xt} w warunkach poboru wód podziemnych U_x (aktualnego U_{Pa}, prognozowanego U_{Pr} i maksymalnego dopuszczalnego U_{Dm}) jest obliczany drogą korekty odpływu podziemnego QG_t zestawionego dla przekroju bilansowego rzeki jako ciągu wartości średnich w roku *t* w wieloleciu testowym. Korekta jest dokonywana dla każdej kolejnej wartości średniego rocznego zasilania podziemnego. Korekta uwzględnia redukcję bilansowanej zlewni podziemnej *AZ* o powierzchnię AZU_{xt} – w czasie kolejnych lat *t*. Wprowadzana do obliczeń sumaryczna powierzchnia AZU_{xt} obszarów zasilania ujęć (o poborze U_x = const.) zmienia się stosownie do zmiennej w czasie *CI* infiltracji efektywnej IE_{CI} (wyrażonej ciągiem wartości średnich rocznych).

Korektę przepływów rzecznych o wpływ poboru wód podziemnych U_x wykonano w odniesieniu do przepływów średnich rocznych charakterystycznych rzeki: QG_R i SQ_R w przekroju wodowskazowym zamykającym zlewnię bilansową. Obliczenia zmiany średniego przepływu pochodzenia podziemnego rzek w roku t (QG_{Rt}) i całkowitego (SQ_{Rt}) przeprowadzono dla trzech wariantów użytkowania wód podziemnych – w zależności od wielkości zrzutu ścieków S: użytkowania bezzwrotnego ($S = 0$), częściowo zwrotnego ($S = 25\%$ poboru) i w większości zwrotnego ($S = 75\%$ poboru).

Przepływ podziemny średni roczny $QG_{R(Ux)t}$ w przekroju wodowskazowym skorygowany o wpływ poboru wód podziemnych U_x w zlewni:

$$QG_{R(Ux)t} = \beta_{(Ux)t} \cdot QG_{Rt} \qquad [\mathrm{m^3/s}] \qquad [14]$$

$$\beta_{(Ux)t} = 1 - \frac{U_{xt}}{IE_{Clt}} \qquad [-] \qquad [15]$$

gdzie:

β_{Xt} – współczynnik korygujący przepływ podziemny QG_{Rt} w roku t wielolecia testowego o wpływ poboru wód podziemnych Ux (indeks x oznacza rodzaj poboru: Pa – aktualny – rzeczywisty, Pw – dopuszczalny pozwoleniem wodnoprawnym, Pr – prognozowany lub Dm – maksymalny dopuszczalny),

IE_{Clt} – infiltracja efektywna (zasoby odnawialne) średnia w okresie czasu CI, poprzedzającym rok t, ustalona dla zlewni bilansowej z uwzględnieniem współczynnika p_E

$$IE_{Clt} = p_E \left[\frac{1}{CI} \sum_{t=CI}^{t=n} QG_{Clt} \right] \qquad [\mathrm{m^3/s}] \qquad [16]$$

gdzie:

p_E – współczynnik empiryczny, uwzględniający udział średniego w wieloleciu n-lat odpływu podziemnego do rzek w średniej wieloletniej infiltracji efektywnej. Na podstawie ogólnego rozpoznania regionalnych warunków hydrogeologicznych wartość p_E przyjmuje następujące wartości:

$p_E = 1{,}1 \div 1{,}2$ w przeciętnych warunkach hydrodynamicznych;

$p_E = 1{,}2 \div 1{,}4$ w zlewniach o znacznym udziale drenażu ewapotranspiracyjnego w dolinach rzek;

$p_E = 1{,}4 \div 1{,}5$ w zlewniach bilansowych, w których znaczna ilość wód podziemnych odpływa do regionalnej strefy drenażowej (poza zasięg penetracji rzeki zamkniętej przekrojem bilansowym).

Przepływ podziemny $QG_{R(Ux)t}$ w przekroju wodowskazowym, gdzie $x = Pa, Pr, Dm$ skorygowany o wpływ poboru wód podziemnych Ux w zlewni oraz zrzut ścieków $S = zUx$ powstałych w wyniku użytkowania wód (z – współczynnik określający część poboru wód zwracana do rzek w postaci ścieków; uwzględniono $z = 0$, $z = 0{,}25$, $z = 0{,}75$):

$$QG_{R(Ux)t} = \beta_{(Ux)t} \cdot QG_{Rt} + zUx \qquad [\mathrm{m^3/s}] \qquad [17]$$

dla trzech wariantów użytkowania wód podziemnych otrzymujemy:

$$QG_{R(Pa,Pr,Dm,\,S\,0\,t)} = \beta_{(Ux)t} \cdot QG_{Rt} \qquad [\mathrm{m^3/s}] \qquad [17a]$$

$$QG_{R(Pa,Pr,Dm\ S\ 0,25)t} = \beta_{(Ux)t} \cdot QG_{Rt} + 0{,}25U_{(Pa,Pr,Dm)} \quad [m^3/s] \quad [17b]$$

$$QG_{R(Pa,Pr,Dm\ S\ 0,75)t} = \beta_{(Ux)t} \cdot QG_{Rt} + 0{,}75U_{(Pa,Pr,Dm)} \quad [m^3/s] \quad [17c]$$

Przepływ całkowity $SQ_{R(Ux)}$ średni w roku *t* skorygowany o wpływ poboru wód podziemnych U_x *w zlewni:*

$$SQ_{R(Ux)t} = SQ_{Rt} - [QG_{Rt} - QG_{R(Ux)t}] \quad [m^3/s] \quad [18]$$

Po przekształceniu wzoru [18] z zastosowaniem wzoru [17] oraz z uwzględnieniem zrzutu ścieków, otrzymujemy:

$$SQ_{R(Ux)t} = SQ_{Rt} - QG_{Rt}\,[1 - \beta_{(Ux)t}] + zU_x \quad [m^3/s] \quad [19]$$

dla trzech wariantów użytkowania wód podziemnych otrzymujemy:

$$SQ_{R(Pa,Pr,Dm,\ S\ 0)t} = SQ_{Rt} - QG_{Rt}\,[1 - \beta_{(Ux)t)}] \quad [m^3/s] \quad [19a]$$

$$SQ_{R(Pa,Pr,Dm,\ S\ 0,25)t} = SQ_{Rt} - QG_{Rt}\,[1 - \beta_{(Ux)t}] + 0{,}25U_{(Pa,Pr,Dm)} \quad [m^3/s] \quad [19b]$$

$$SQ_{R(Pa,Pr,Dm,\ S\ 0,75)t} = SQ_{Rt} - QG_{Rt}\,[1 - \beta_{(Ux)t}] + 0{,}75U_{(Pa,P,\ Dm)} \quad [m^3/s] \quad [19c]$$

Zaproponowana metodyka może być stosowana do wykonywania korekty średnich okresowych dla innych przedziałów czasowych wartości *QG* i *SQ* oraz innych wariantów zagospodarowania wód podziemnych, zależnie od wymagań bilansu wodnogospodarczego wód podziemnych.

5. CHARAKTERYSTYKA OBSZARÓW BILANSOWYCH W OBSZARZE DORZECZA WISŁY

Opracowanie obejmuje obszar dorzecza Wisły wraz Żuławami Wiślanymi oraz zlewnie rzek Przymorza Wschodniego – Redy, Łeby, Łupawy i Słupi oraz Pasłęki ze zlewnią Zalewu Wiślanego w granicach kraju. Na terenie dorzecza Wisły znajdują się następujące cztery regiony wodne (fig. 1):

- region wodny Małej Wisły,
- region wodny Górnej Wisły,
- region wodny Środkowej Wisły,
- region wodny Dolnej Wisły.

5.1. Jednostki bilansowe w regionie wodnym Małej Wisły

Region wodny Małej Wisły, administrowany przez Regionalny Zarząd Gospodarki Wodnej w Gliwicach, podzielony został na dwa obszary bilansowe: GL-II i GL-III (tab. 5, fig. 4). Obszar GL-II obejmuje zlewnię Wisły do ujścia Przemszy i składa się z pięciu rejonów wodnogospodarczych, obszar GL-III – zlewnię Przemszy podzieloną na cztery rejony. Jest to region, w którym układ krążenia wód podziemnych w znacznym stopniu kształtowany jest oddziaływaniem antropogenicznych ośrodków drenażu – systemów odwadniania kopalń oraz ujęć przemysłowych i wodociągów komunalnych (Kowalczyk, 2003). Oddziaływanie to ulega i będzie ulegać istotnym zmianom ze względu na likwidację kopalń i związane z tym ograniczanie odwadniania lub jego całkowite zaprzestanie. Ze względu na nieustabilizowany charakter antropopresji, biorąc pod uwagę już dokonane podziały w dokumentacjach hydrogeologicznych oraz opracowaniach bilansowych i wodnogospodarczych dla zlewni Białej i Czarnej Przemszy, granice rejonów wodnogospodarczych oparto na wododziałach hydrograficznych wyprowadzonych z przekroju na Wiśle powyżej ujścia Przemszy oraz na działach hydrograficznych zlewni cząstkowych głównych rzek (Herbich i in., 2007).

Region Małej Wisły obejmuje od południa tereny górskie Beskidu Śląskiego i Pogórza Śląskiego, osiągające 1000–1600 m n.p.m., obniżenie Doliny Górnej Wisły o rzędnych terenu ok. 220 m n.p.m. i wzniesienia Wyżyny Śląskiej – Płaskowyż Rybnicki, Wyżynę Katowicką i Garb Tarnogórski (Kondracki, 2002). Region ten obejmuje źródłową część dorzecza Wisły zawierającą zlewnię Małej Wisły, odwadniającą obszary górskie i podgórskie oraz silnie zurbanizowaną i uprzemysłowioną zlewnię Przemszy.

Tereny regionu wodnego Małej Wisły wchodzą w skład trzech hydrostrukturalnych jednostek hydrogeologicznych według Atlasu hydrogeologicznego Polski (Paczyński red., 1995):

Tabela 5

Podział regionu wodnego Małej Wisły na obszary bilansowe i rejony wodnogospodarcze

Nr	Nazwa obszaru bilansowego	Wiek poziomów wodonośnych	Powierzchnia [km^2]	Nr rejonu	Nazwa rejonu wodnogospodarczego	Powierzchnia [km^2]
GL-II	Mała Wisła do ujścia Przemszy	Q, Ng, Pg, J, C	1819,7	A	Górna Wisła po wodowskaz Goczałkowice	546,04
				B	Iłownica	199,22
				C	Biała Wisła	359,36
				D	Pszczynka	370,27
				E	Gostynia	344,68
GL-III	Przemsza	Q, J, T, C	2122,9	A	Czarna Przemsza (wodowskaz Radocha)	518,63
				B	Brynica	497,12
				C	Biała Przemsza	865,03
				D	Przemsza Dolna	242,11

regionu karpackiego, regionu przedkarpackiego i regionu śląsko-krakowskiego, a według podziału regionalnego zwykłych wód podziemnych (Paczyński, Sadurski, red., 2007) w skład 5 jednostek: regionu karpackiego, regionu przedgórskiego (subregionu przedkarpackiego), regionu jury krakowsko-częstochowskiej, regionu triasu śląskiego i regionu Górnośląskiego Zagłębia Węglowego.

Region karpacki. Użytkowe piętro wodonośne występuje tu w spękanych piaskowcach fliszowych wieku paleogeńsko-kredowego oraz w dolinnych seriach piaszczysto-żwirowych wieku czwartorzędowego. Ponad połowa powierzchni regionu jest pozbawiona poziomów wodonośnych o znaczeniu użytkowym. W obrębie poziomów użytkowych strefa intensywnego krążenia wód podziemnych związanego z siecią hydrograficzną sięga do głębokości 30–60 m. Strumienie regionalnego krążenia wód podziemnego osiągają tu głębokość lokalnie przekraczającą 80–100 m, jednak nie odgrywają istotnego znaczenia praktycznego w eksploatacji ujęć. Współczynnik filtracji szczelinowych piaskowców i łupków najczęściej osiąga wartość poniżej 0,1 m/h, zaś potencjalna wydajność studni 2–5 m^3/h. W Beskidzie Śląskim został wyróżniony – według kryteriów indywidualnych przyjętych dla regionu karpackiego – GZWP nr 348 zbiornik warstw godulskich.

Region przedkarpacki (region przedgórski, subregion przedkarpacki). Około 20% powierzchni regionu jest pozbawione poziomów wodonośnych o znaczeniu użytkowym. Użytkowe piętra wodonośne występują tu w pradolinach i współczesnych dolinach rzecznych – lokalnie osiągając miąższość do 60 m, najczęściej od 5 do 20 m oraz w pokrywowych seriach piaszczysto-żwirowych wieku czwartorzędowego. W strukturach umożliwiających osiągnięcie wydatku pojedynczej studni powyżej 40 m^3/h i wydajności ujęcia powyżej 2000 m^3/d, wyróżniono GZWP: 346 Pszczyna, 347 Skoczów, 349 Jastrzębie i 449 Dolina rz. Wisły (Oświęcim).

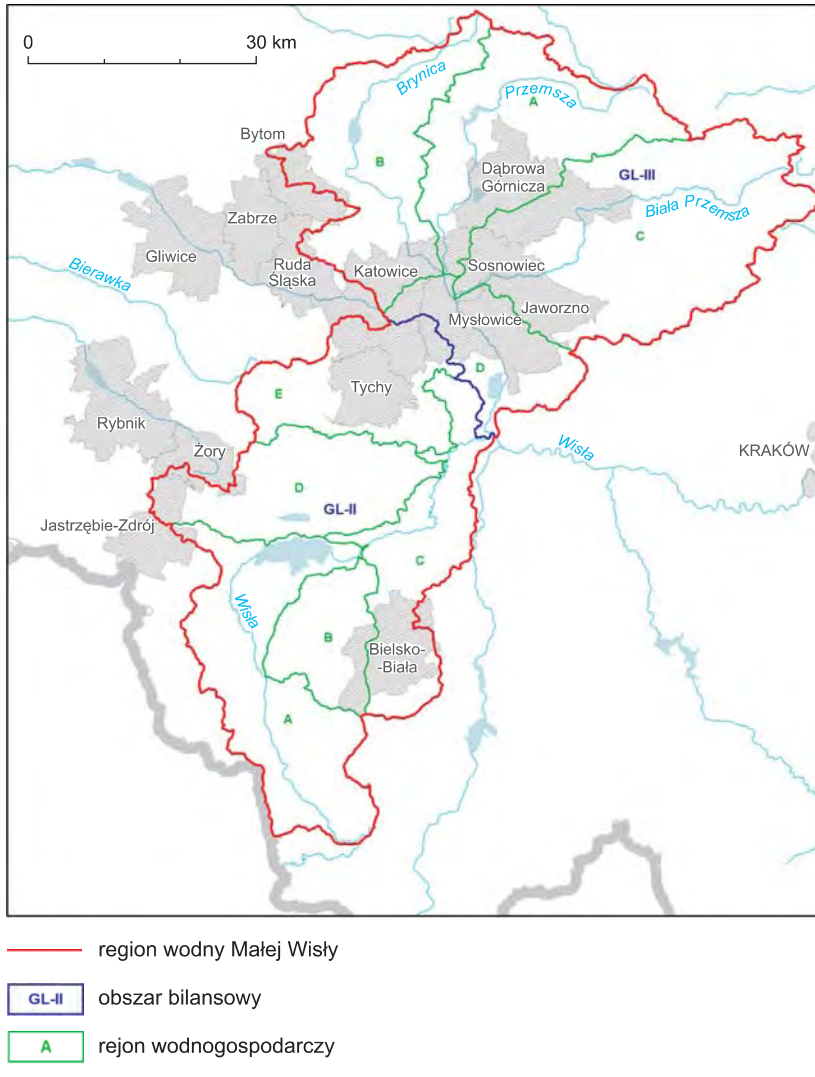


Fig. 4. Podział regionu wodnego Małej Wisły na obszary bilansowe i rejony wodnogospodarcze (wg Herbicha i in., 2007)

Region śląsko-krakowski (region jury krakowsko-częstochowskiej, region triasu śląskiego i region Górnośląskiego Zagłębia Węglowego). Użytkowe piętra wodonośne występują w spękanych piaskowcach karbońskich, w triasowych i jurajskich szczelinowo-krasowych wapieniach i dolomitach oraz w piaszczystych osadach czwartorzędowych. Około 5% powierzchni regionu jest pozbawione poziomów wodonośnych o znaczeniu użytkowym. Wody podziemne o mineralizacji do 1 g/l występują najczęściej do głębokości 200–300 m.

Piętro wodonośne karbonu tworzą dwa poziomy wodonośne, karbonu górnego (produktywnego) i karbonu dolnego, zbudowane z piaskowców o miąższości od kilku do kilkudziesięciu metrów. Najkorzystniejsze zawodnienie wykazują warstwy piaskowców, będące w kontakcie hydraulicznym z utworami wodonośnymi czwartorzędu i triasu, zalegające nie głębiej niż 100 m p.p.t. Warunki hydrogeologiczne w utworach wodonośnych tego piętra zostały silnie zmienione w wyniku prowadzonych odwodnień górniczych.

W obrębie piętra triasowego główne użytkowe poziomy wodonośne o miąższości do 120 m występują w szczelinowo-krasowych wapieniach i dolomitach wapienia muszlowego oraz retu, o wydajności studzien od 10 do ponad 200 m^3/h, rozdzielonych słabo wodonośnymi poziomami marglistymi. Wydzielono tu GZWP: 327 Lubliniec–Myszków, 329 Bytom i GZWP 454 Olkusz–Zawiercie, 456 Chrzanów.

Piętro wodonośne jury tworzą szczelinowo-krasowe wapienie, podrzędnie margle, górnej jury o miąższości do 100 m, w obszarach wydzielonego GZWP 326 Częstochowa E, najczęściej o zwierciadle swobodnym i wydajności studzien do180 m^3/h.

Czwartorzędowe piętro wodonośne występuje tu na większości obszaru w postaci piaszczysto-żwirowych osadów rzecznych dolin współczesnych i kopalnych oraz lokalnie plejstoceńskich utworów rzeczno-lodowcowych, międzyglinowych i pokrywowych. Tworzą one zwykle jeden poziom wodonośny o zwierciadle swobodnym lub swobodno-naporowym i miąższości do 15 m, lokalnie do 50 m. W obrębie tego piętra wyróżniono GZWP: 455 Dąbrowa Górnicza, 458 Sosnowiec, 453 Biskupi Bór i 345 Rybnik.

5.2. Jednostki bilansowe w regionie wodnym Górnej Wisły

Region wodny Górnej Wisły, administrowany przez Regionalny Zarząd Gospodarki Wodnej w Krakowie, obejmuje 8 obszarów bilansowych. Przyjęte, jako jedyne, hydrograficzne kryterium rejonizacji sprawiło, że wydzielone obszary bilansowe są w wysokim stopniu niejednorodne pod względem geomorfologicznym, hydrologicznym, hydrogeologicznym i rodzaju zagospodarowania terenu – czego dobrym przykładem jest obszar K08 zlewnia Sanu (fig. 5). W ramach dokumentowania hydrogeologicznego i prac studialnych (Herbich i in., 2007), w oparciu o zlewniowy układ krążenia wód podziemnych, z uwzględnieniem kryteriów hydrostrukturalnych i geomorfologicznych, obszary bilansowe zostały podzielone na 115 rejonów wodnogospodarczych (tab. 6, fig. 5).

Tereny regionu wodnego Górnej Wisły wchodzą w skład następujących hydrostrukturalnych jednostek hydrogeologicznych według Atlasu hydrogeologicznego Polski (Paczyński red., 1995): regionu karpackiego, regionu przedkarpackiego, regionu śląsko-krakowskiego, regionu nidziańskiego, regionu środkowomałopolskiego (subregionu świętokrzyskiego) i regionu lubelsko-podlaskiego. Według podziału regionalnego zwykłych wód podziemnych (Paczyński, Sadurski, red., 2007) wchodzą w skład 8 jednostek: regionu karpackiego, regionu przedgórskiego (subregionu przedkarpackiego), regionu jury krakowsko-częstochowskiej, regionu triasu śląskiego, regionu Górnośląskiego Zagłębia Węglowego, regionu mogileńsko-łódzko-nidziańskiego (subregionu nidziańskiego), regionu świętokrzyskiego i regionu lubelsko-radomskiego.

Region karpacki. Użytkowe piętra wodonośne występują tu w spękanych piaskowcach fliszowych wieku paleogeńsko-kredowego oraz w dolinnych osadach piaszczysto-żwirowych wieku czwartorzędowego. Głębokość strefy aktywnej wymiany wód systemów krążenia

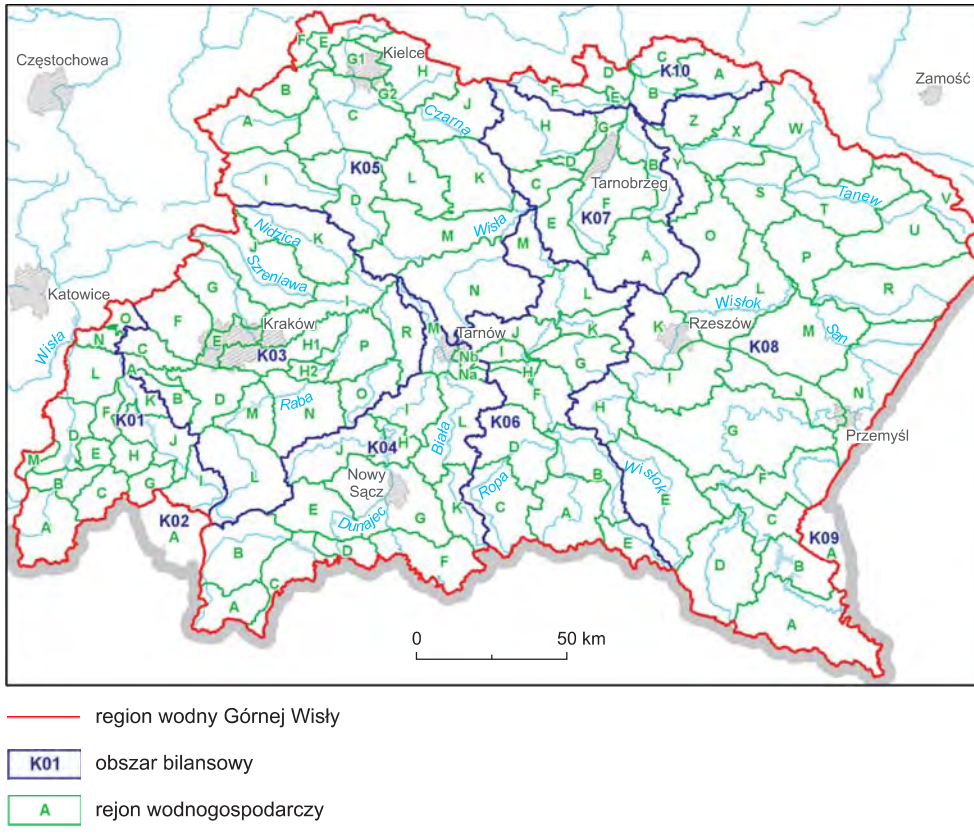


Fig. 5. Podział regionu wodnego Górnej Wisły na obszary bilansowe i rejony wodnogospodarcze (wg Herbicha i in., 2007)

zlewniowego sięga 50–150 m, zależnie od litologii i charakteru tektonicznego górotworu. Ponad połowa powierzchni regionu jest pozbawiona poziomów wodonośnych o znaczeniu użytkowym.

Region przedkarpacki (region przedgórski, subregion przedkarpacki). Użytkowe piętra wodonośne występują tu głównie w dolinnych i pokrywowych seriach piaszczysto-żwirowych wieku czwartorzędowego o miąższości 5–20 m, lokalnie do 40–80. Około 20% powierzchni regionu jest pozbawione poziomów wodonośnych o znaczeniu użytkowym.

Region śląsko-krakowski (region jury krakowsko-częstochowskiej, region triasu śląskiego i region Górnośląskiego Zagłębia Węglowego). Użytkowe piętra wodonośne występują tu w triasowych i jurajskich szczelinowo-krasowych wapieniach i dolomitach, w spękanych piaskowcach karbońskich oraz w dolinnych i pokrywowych seriach piaszczystych wieku czwartorzędowego. Głębokość strefy aktywnej wymiany wód krążących w systemach zlewniowych sięga 150–250 m. Około 5% powierzchni regionu jest pozbawione poziomów wodonośnych o znaczeniu użytkowym.

Tabela 6

Podział regionu wodnego Górnej Wisły na obszary bilansowe i rejony wodnogospodarcze

Nr	Nazwa obszaru bilansowego	Wiek poziomów wodonośnych	Powierzchnia [km^2]	Nr rejonu	Nazwa rejonu wodnogospodarczego	Powierzchnia [km^2]
1	2	3	4	5	6	7
K01	Zlewnia Wisły od Przemszy do Skawy	Q, Pg–Ng–K–J	2847,16	A	Soła od źródeł do Cięciny	417,56
				B	Soła od Cięciny do rz. Koszarawy	164,37
				C	Koszarawa	202,46
				D	Soła od Żywca do Kęt	293,23
				E	Kocierzanka i Łękawka	99,53
				F	Wieprzówka	124,63
				G	Skawica	143,78
				H	Stryszawka	140,50
				I	Skawa od źródeł do m. Osielec	240,07
				J	Skawa od m. Osielec do Wadowic	309,51
				K	Skawa od Wadowic do rz. Pieprzówki	148,15
				L	Soła od Kęt do Oświęcimia	309,36
				M	Żylica	66,57
				N	Kopalniówka	89,92
				O	Chechło	97,51
K03	Wisła od Skawy do Dunajca	Q, Pg–Ng, Pg–Ng–K, K, J, T	6188,01	A	Zlewnia prawobrzeżna Wisły w obrębie Kotliny Oświęcimskiej	82,70
				B	Zlewnia górnej Brodawki i Cedronu	157,08
				C	Zlewnia lewobrzeżna od Skawy do Sanki wyłącznie	182,91
				D	Zlewnia Skawinki i górnej Wilgi	352,68
				E	Zlewnia Wisły w obrębie Krakowa	149,91
				F	Zlewnia Krzeszówki	415,88
				G	Zlewnia Prądnika i Dłubni	432,87
				H1	Zlewnia prawobrzeżna Wisły od Wilgi do Raby wyłącznie	367,44
				H2	Zlewnia prawobrzeżna Wisły od Wilgi do Raby wyłącznie	82,69
				I	Lewobrzeżna zlewnia Wisły od Dłubni do Kisielni w obrębie zapadliska przedkarpackiego	477,77
				J	Zlewnia Szreniawy w obrębie Wyżyny Miechowskiej	597,29

Tabela 6 cd.

1	2	3	4	5	6	7
K03	Wisła od Skawy do Dunajca	Q, Pg–Ng, Pg–Ng–K, K, J, T	6188,01	K	Zlewnia Nidzicy w obrębie Wyżyny Miechowskiej	592,09
				L	Zlewnia Górnej Raby	643,65
				M	Zlewnia Raby od Stróży do Krzyworzeki włącznie	243,87
				N	Zlewnia Raby od Krzyworzeki do Książnic	501,94
				O	Zlewnia Uszwicy po Bilecze	250,40
				P	Zlewnia Dolnej Raby	361,00
				R	Zlewnia Dolnej Uszwicy	295,86
K04	Dunajec	Q, Pg–Ng–J	4835,28	A	Kotlina Zakopiańska	276,02
				B	Zl. Dunajca po zbiornik Czorsztyn	532,00
				C	Zl. zbiornika Czorsztyn	318,29
				D	Rejon Szczawnica – Krościenko	140,75
				E	Zl. Dunajca od Krościenka po Jazowsko	377,83
				F	Zl. Popradu po Rytrzankę wraz ze zl. Kryniczanki	408,72
				G	Zl. Dunajca od Jazowska po Zbiornik Rożnów wraz z Kotliną Sądecką	739,41
				H	Zl. zbiornika Rożnów i Czchów	151,21
				I	Zl. Dunajca od zb. Czchów po Zgłobice	325,82
				J	Zlewnia Łososiny	412,60
				K	Zl. Białej po Jasieniankę	266,13
				L	Zl. Białej od Jasienianki po Rzuchową	569,43
				M	Zlewnia Dolnego Dunajca i Białej	233,45
				Na	Zlewnia Wątoku	52,00
				Nb	Wschodnia cz. zl. Wątoku (objęta udokumentowaniem zasobów dysp.)	31,61
K05	Wisła od Dunajca do Wisłoki	Q, Pg, Ng, K, J, T, P, D	6609,67	A	Nida do Lipnicy	438,99
				B	Nida od Lipnicy do Olszówki	249,88
				C	Nida od Olszówki do Brzeźnicy	779,88
				D	Nida od Brzeźnicy do Strugi Wiślickiej	569,33
				E	Zagnańsk–Strawczyn	192,99
				F	Wierna Rzeka wraz z Łososiną i Czarny Lasek	119,08
				G1	Kielce	178,92
				G2	Marzysz–Suków	54,20
				H	Górna Czarna Nida	460,77

Tabela 6 cd.

1	2	3	4	5	6	7
K05	Wisła od Dunajca do Wisłoki	Q, Pg, Ng, K, J, T, P, D	6609,67	I	Mierzawa od źródeł do Nidy	555,63
				J	Czarna od źródeł do zbiornika Chańcza	434,68
				K	Czarna od zbiornika Chańcza do ujścia do Wschodniej	543,91
				L	Sanica	384,07
				M	Nida od Strugi Wiślickiej do Wisły oraz Wisła od Dunajca do Czarnej	750,87
				N	Breń	896,46
K06	Wisłoka	Q, Pg–Ng–K	4096,77	A	Zlewnia Górnej Wisłoki	511,31
				B	Zlewnia Wisłoki od Kłopotnicy po Krajowice z Jasionką od Mszanki	409,32
				C	Zlewnia Ropy po Klęczany	483,83
				D	Zlewnia Ropa od Klęczan	493,65
				E	Zlewnia Górnej Jasiołki	202,92
				F	Zlewnia Wisłoki od Krajowic po Wolankę włącznie	393,85
				G	Zlewnia Wielopolki w granicach Karpat	338,30
				H	Zlewnia Dulczy oraz Wisłoka od Wolanki po Dulczę	55,70
				I	Zlewnia Wisłoki od Dulczy do Brzeźnicy	97,40
				J	Zlewnia Czarnej	291,25
				K	Zlewnia Wielopolanki	196,79
				L	Zlewnia Wisłoki od Brzeźnicy do Mielca	392,23
				M	Zlewnia Wisłoki od Mielca do ujścia	230,22
K07	Wisła od Wisłoki do Sanu	D, Pg–Ng, Q	2906,49	A	Zlewnia górnego Łęgu	611,24
				B	Zlewnia dolnego Łęgu	333,54
				C	Zlewnia lewobrzeżna Wisły od Wisłoki po Baranów	198,72
				D	Zlewnia lewobrzeżna Wisły od Baranowa po Skotniki	58,07
				E	Babulówka i Kanał Kliszowski	294,46
				F	Trześniówka	649,22
				G	Bezp. dopływy Wisły	87,71
				H	Koprzywianka	673,52

Tabela 6 cd.

1	2	3	4	5	6	7
K08	San	Q, Pg–Ng–K	14415,36	A	San od granicy państwa oraz Solinka od źródeł do zb. Solina	799,81
				B	Zb. Solina i Myczkowce z dopływami	337,95
				C	San od zb. Myczkowce do Sanoka	354,19
				D	Osława i Hoczewka od źródeł do ujścia	684,56
				E	Wisłok od źródeł do Czarnego Potoku	850,39
				F	San od Sanoka do Tyrawki wraz z Wiarem od źródeł do granicy	489,47
				G	San od Czarnego Potoku do Olszanki	1320,64
				H	Wisłok od Czarnego Potoku do Stabnicy	338,62
				I	Wisłok od Stabnicy do Lubenia wraz ze zl. Strugi od źródeł do Chmielnickiej Rzeki	552,32
				J	San od Olszanki do Przemyśla wraz ze zl. Mleczki Kończudzkiej od źródeł do Rzpeliny	382,86
				K	Wisłok od Lubenia do Szuwarka	431,43
				L	Wisłok od Szuwarka do ujścia wraz z lewostronną zlewnią Sanu od Szkło do Trzebośnicy	724,64
				M	San od Szkło do Wisłok, wraz z Wisłokiem od Lubenia do ujścia	808,13
				N	San od Przemyśla do Szkło	768,62
				O	Lewostronna zlewnia Sanu od Trzebośnicy do Tanwi	562,06
				P	Prawostronna zl. Sanu od Szkło do Trzebośnicy	454,64
				R	Lubaczówka od granicy państwa do ujścia	817,93
				S	Tanew od Łady do ujścia wraz z prawostronnymi dopływami do Sanu od Trzebośnicy do Tanwi	444,94
				T	Tanew od Czarnej do Łady	584,45
				U	Tanew od Łosienickiego Potoku do Czarnej	634,09
				V	Tanew od źródeł do Łosienickiego Potoku wraz ze źródłami Sopot i Szum	319,41
				W	Łada od źródeł do Czarnej Łady wraz z Bukową od źródeł do Rakowa	731,94
				X	Bukowa od Rakowa do ujścia	451,58
				Y	Lewostronna zlewnia Sanu od Tanwi do ujścia	263,51
				Z	Prawostronna zlewnia Sanu od Bukowej do ujścia	307,16

Tabela 6 cd.

1	2	3	4	5	6	7
K10	Wisła od Sanu do Sanny	Q, Pg–Ng, J, T, P, D	1211,54	A	Zlewnia górnej Sanny i Karasiówki	319,60
				B	Zlewnia dolnej Sanny i Karasiówki	222,91
				C	Zlewnia Tuczyna	197,48
				D	Zlewnia lewobrzeżna Wisły od Opatówki do Sanny	184,91
				E	Bezpośrednie dopływy Wisły	26,97
				F	Zlewnia Opatówki	259,69

Region nidziański (region mogileńsko-łódzko-nidziański, subregion nidziański). Użytkowe piętra wodonośne występują tu w kredowych szczelinowo-porowych marglach, opokach i wapieniach oraz w dolinnych i pokrywowych seriach piaszczystych wieku czwartorzędowego. Głębokość strefy aktywnej wymiany wód systemów krążenia zlewniowego sięga 100–150 m. W skali regionu brak obszarów pozbawionych poziomów wodonośnych o znaczeniu użytkowym.

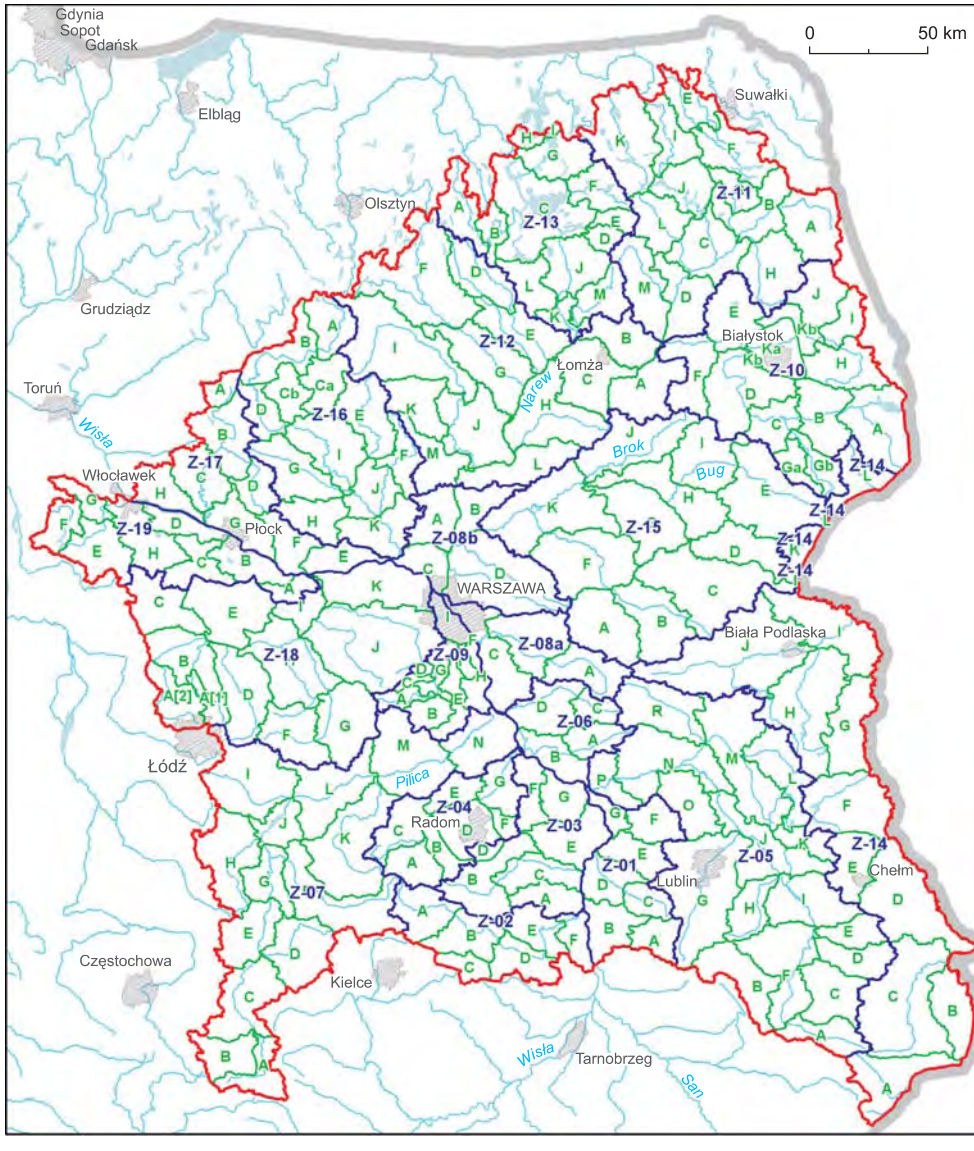
Region świętokrzyski (region środkowomałopolski, subregion świętokrzyski). Użytkowe piętra wodonośne występują tu w dewońskich, triasowych i jurajskich szczelinowo-krasowych wapieniach i dolomitach, w spękanych wapieniach mioceńskich oraz w dolinnych i pokrywowych seriach piaszczystych wieku czwartorzędowego. W skałach szczelinowych głębokość aktywnej wymiany wód krążących w systemach zlewniowych dochodzi do 200–250 m. Około 20% powierzchni regionu jest pozbawione poziomów wodonośnych o znaczeniu użytkowym.

Region lubelsko-podlaski (region lubelsko-radomski). Użytkowe piętra wodonośne występują tu w mioceńskich i kredowych szczelinowo-porowych opokach i marglach oraz w dolinnych i pokrywowych seriach piaszczystych wieku czwartorzędowego. Głębokość strefy aktywnej wymiany wód systemów krążenia zlewniowego sięga 100–150 m. W skali regionu brak obszarów pozbawionych poziomów wodonośnych o znaczeniu użytkowym.

Region wodny Górnej Wisły obejmuje w całości lub w części 31 głównych zbiorników wód podziemnych, wymagających szczególnej ochrony (GZWP) (Kleczkowski, red., 1990). Większość z nich została wyodrębniona w czwartorzędowych strukturach wodonośnych (18) i utworach fliszu karpackiego (6). Po dwa zbiorniki wydzielono w utworach neogeńsko-paleogeńskich i górnokredowych, po jednym w utworach górnej jury, triasu oraz, pozostających w łączności, utworach neogeńsko-paleogeńskich i triasowych.

5.3. Jednostki bilansowe w regionie wodnym Środkowej Wisły

Region wodny Środkowej Wisły położony jest w obszarze działania Regionalnego Zarządu Gospodarki Wodnej w Warszawie. Region obejmuje 20 obszarów bilansowych, wydzielonych na podstawie wododziałów hydrograficznych (powierzchniowych), wyprowadzonych z przekrojów na Wiśle, w ujściu jej głównych dopływów (fig. 6, tab. 7). W celu ustalenia



region wodny Środkowej Wisły

Z-12 obszar bilansowy

A rejon wodnogospodarczy

Fig. 6. Podział regionu wodnego Środkowej Wisły na obszary bilansowe i rejony wodnogospodarcze (wg Herbicha i in., 2007)

Tabela 7

Podział regionu wodnego Środkowej Wisły na obszary bilansowe i rejony wodnogospodarcze

Nr	Nazwa obszaru bilansowego	Wiek poziomów wodonośnych	Powierzchnia [km^2]	Nr rejonu	Nazwa rejonu wodnogospodarczego	Powierzchnia [km^2]
1	2	3	4	5	6	7
Z-01	Wisła (P) od ujścia Sanny do ujścia Wieprza	Q, Pg–Ng, K_2	2179,66	A	Zlewnia górnej Wyżnicy z Urzędówką	282,46
				B	Zlewnia dolnej Wyżnicy z przyległą zl. Wisły	422,27
				C	Zlewnia górnej Chodelki	250,32
				D	Zlewnia dolnej Chodelki z przyległą zl.Wisły	375,99
				E	Zlewnia Bystrej z przyległą zlewnią Wisły	348,07
				F	Zlewnia Kurówki po Witowice	345,29
				G	Zlewnia Kurówki poniżej Witowic z przyległą zlewnią Wisły	155,25
Z-02	Wisła (L) od ujścia Sanny do ujścia Kamiennej włącznie	Q, Pg–Ng, K_2, J, D	2133,05	A	Zlewnia górnej Kamiennej po Wąchock (Skarżysko Kamienna)	475,76
				B	Zlewnia Kamiennej od Wąchocka po Kunów bez Czarnej Wody (Starachowice)	442,65
				C	Czarna Woda po Wieloborowice	191,05
				D	Zlewnia Kamiennej do Kunowa po Borownię (Ostrowiec Świętokrzyski)	400,21
				E	Zlewnia Kamiennej od Borowni po Czekarzewice (Cementownia Ożarów)	375,12
				F	Zlewnia lewostronna Wisły poniżej Sanny ze zlewnią Kamiennej poniżej Czekarzewic	248,25
Z-03	Wisła (L) od ujścia Kamiennej do ujścia Radomki wyłącznie	Q, Pg–Ng, K_2	2643,54	A	Zlewnia Krępianki wraz z przyległą zlewnią Wisły	315,86
				B	Zlewnia Iłżanki po Iłżę i zlewnia Modrzejowianki	646,59
				C	Zlewnia Iłżanki poniżej Iłży wraz z przyległą zlewnią Wisły	401,11
				D	Zlewnia Kobylanki i Muchy	84,67
				E	Zlewnia Zwolenki i Plewki wraz z przyległą zlewnią Wisły	541,43
				F	Zlewnia Zagożdżonki wraz z przyległą zlewnią Wisły	324,56
				G	Zlewnia Kanału Gniwoszowsko-Kozienickiego po Zagożdżonkę wraz z przyległą zlewnią Wisły	329,32

Tabela 7 cd.

1	2	3	4	5	6	7
Z-04	Radomka	Q, Pg–Ng, K_2, K_1, J	2109,32	A	Lewobrzeżna zlewnia Szabasówki	337,68
				B	Prawobrzeżna zlewnia Szabasówki i Radomki po Słowików	205,42
				C	Lewobrzeżna zlewnia Radomki od ujścia Szabasówki po Słowików	421,00
				D	Radom V	459,80
				E	Lewobrzeżna zlewnia Radomki od Słowikowa po ujście Mlecznej (wyłącznie)	241,87
				F	Zlewnia Pacynki z wyłączeniem części w granicach rejonu Radom V	100,28
				G	Dolna Radomka	343,26
Z-05	Wieprz	Q, Pg–Ng, K_2	10490,43	A	Wieprz A1	382,42
				B	Por A2	587,79
				C	Łabuńka A3	531,27
				D	Wolica A4	376,24
				E	Wojsławka A5	277,93
				F	Wieprz A6	846,86
				G	Bystrzyca B8	1394,86
				H	Giełczew B7	365,26
				I	Wieprz B10	666,60
				J	Wieprz B11	746,83
				K	Świnka B9	223,98
				L	Piwonia B12	565,21
				M	Tyśmienica C13	1122,61
				N	Wieprz C16	921,60
				O	Minina C15	483,18
				P	Wieprz C17	287,14
				R	Bystrzyca N C14	710,63
Z-06	Wisła (P) od Wieprza do Wilgi włącznie	Q, Pg–Ng	1437,73	A	Zlewnia górnej Okrzejki	300,27
				B	Zlewnia dolnej Okrzejki z przyległą zlewnią Wisły	386,72
				C	Zlewnia górnej Wilgi	213,09
				D	Zlewnia dolnej Wilgi i Promnika z przyległą zlewnią Wisły	537,66

Tabela 7 cd.

1	2	3	4	5	6	7
Z-07	Pilica	Q, Pg–Ng, K, J_1, J_2, J_3, T	9320,24	A	Górna Pilica	359,64
				B	Krztynia	389,96
				C	Pilica Koniecpol	707,53
				D	Czarna Włoszczowska	644,92
				E	Pilica Przedbórz	520,38
				F	Czarna Maleniecka	931,61
				G	Pilica Sulejów	381,66
				H	Luciąża	757,76
				I	Wolbórka	942,28
				J	Zbiornik Sulejowski	300,80
				K	Drzewiczka	1083,77
				L	Pilica Nowe Miasto	775,77
				M	Pilica Białobrzegi	920,10
				N	Dolna Pilica	604,05
Z-08a	Wisła (P) od Wilgi do Kanału Żerańskiego	Q, Pg–Ng	1793,46	A	Zlewnia górnego Świdra po Starogród	499,34
				B	Zlewnia środkowego Świdra po ujście Mieni (włącznie)	639,23
				C	Zlewnia prawobrzeżna Wisły od ujścia Wilgi po Kanał Żerański (wyłącznie) bez zlewni Świdra powyżej ujścia Mieni	654,89
Z-08b	Zbiornik Zegrzyński, Narew poniżej zbiornika Dębe bez Wkry	Q, Pg–Ng	2273,09	A	Rejon Serock – prawobrzeżna zlewnia zbiornika Dębe i Narwi po ujście Wkry	431,05
				B	Rejon Popowo – zlewnia zbiornika Dębe – lewobrzeżnej cofki Narwi i prawobrzeżnej Bugu	333,33
				C	Rejon Legionowo – obszar międzyrzecza Narwi i Wisły oraz Kanału Żerańskiego	280,19
				D	Rejon Radzymin – zlewnia lewobrzeżna zb. Dębe od początku cofki Bugu po Kanał Żerański oraz lewobrzeżna zlewnia Kanału Żerańskiego	1228,52
Z-09	Wisła (L) od Pilicy do Bzury	Q, Pg, Ng	1395,04	A	Jeziorka Górna	152,30
				B	Kraska	211,01
				C	Tarczynka	54,02
				D	Struga z Głoskowa	42,53
				E	Zielona z Czarną	243,38
				F	Jeziorka od Rowu Jeziorki do ujścia (z Małą)	80,58

Tabela 7 cd.

1	2	3	4	5	6	7
Z-09	Wisła (L) od Pilicy do Bzury	Q, Pg, Ng	1395,04	G	Jeziorka od Grójca do Rowu Jeziorki	204,89
				H	Lewobrzeżna zlewnia bezpośrednia Wisły	208,45
				I	Zlewnia bezpośrednia Wisły od Jeziorki do Kanału Młocińskiego	197,89
Z-10	Narew od granicy państwa do Biebrzy	Q, Pg–Ng, J	6102,06	A	Narew od granicy państwa do ujścia rzeki Rudej	798,67
				B	Narew od Rudej do Łoknicy	559,20
				C	Narew od Łoknicy do Lizy	367,07
				D	Narew od Lizy do Supraśli	846,90
				E	Narew od Supraśli do Śliny	577,62
				F	Narew od Supraśli do Biebrzy	526,61
				Ga	Zlewnia Białej	209,73
				Gb	Zlewnia Orlanki bez Białej	274,82
				H	Supraśl od źródeł do Radulinki	540,52
				I	Supraśl od Radlinki do Sokołdy wraz ze Słoją	270,89
				J	Sokołda od źródeł do Łangi	462,68
				Ka	Rejon Białegostku	423,57
				Kb	Supraśl od Sokołdy po ujście (bez Płoski z Horodnianką) bez rej. Białegostoku	243,78
Z-11	Biebrza	Q	7062,12	A	Zlewnia górnej Biebrzy	621,21
				B	Zlewnia Biebrzy we wschodniej części Kotliny Biebrzańskiej	524,88
				C	Zlewnia Biebrzy w centralnej części Kotliny Biebrzańskiej	647,16
				D	Zlewnia Biebrzy w zachodniej części Kotliny Biebrzańskiej	536,36
				E	Zlewnia górnej Netty	385,93
				F	Zlewnia środkowej Netty	576,95
				G	Zlewnia dolnej Netty	228,14
				H	Zlewnia Brzozówki	650,91
				I	Zlewnia górnej Legi	407,35
				J	Zlewnia dolnej Legi	427,70
				K	Zlewnia górnego Ełku	979,74
				L	Zlewnia dolnego Ełku	447,24
				M	Zlewnia Wissy	628,54

Tabela 7 cd.

1	2	3	4	5	6	7
Z-12	Narew od Biebrzy do Pułtuska z wyłączeniem Wielkich Jezior Mazurskich i zlewni Pisy	Q, Pg–Ng	9393,74	A	Prawostronna zlewnia Narwi od Biebrzy do rzeki Gać	590,35
				B	Lewostronna zlewnia Narwi od Biebrzy do Pisy	461,48
				C	Prawostronna zlewnia Narwi od rzeki Gać do Ruż	652,99
				D	Rozoga i Szkwa od źródeł do Myszyńca	497,00
				E	Rozoga i Szkwa od Myszyńca do ujścia	620,94
				F	Omulew od źródeł Krukowa wraz z Sawicą i Wołpuszą	1343,49
				G	Omulew od Krukowa do ujścia wraz z prawostronnymi dopływami Narwi od Róż do Rozogi	822,55
				H	Orz wraz z prawostronnymi dopływami Narwi od Orz do Ruż	891,17
				I	Orzyc od źródeł do Krasnosielca	1321,53
				J	Orzyc od Krasnosielca do ujścia	762,40
				K	Węgierka	463,29
				L	Prawostronna zlewnia Narwi od Pułtuska do Orz	551,01
				M	Lewostronna zlewnia Narwi od Pułtuska do Orzyc	415,55
Z-13	Wielkie Jeziora Mazurskie i zlewnia Pisy	Q, Pg, Ng	4506,6	A	Spychowska Struga (I)	440,82
				B	Krutynia (II)	203,51
				C	Pisa (VIb)	1175,99
				D	Konopka (V)	134,81
				E	Święcek (IV)	145,71
				F	Orzysza (III)	368,61
				G	Pisa (VIa)	441,94
				H	Doba (VIIIb)	92,50
				I	rejon Giżycka (IX)	27,17
				J	Pisa od jeziora Roś do Turośli	542,34
				K	Pisa od Turośli do Narwi	188,88
				L	Turośl	360,90
				M	Skroda	383,41

Tabela 7 cd.

1	2	3	4	5	6	7
Z-14	Bug graniczny (L) z Leśną i Pulwą	Q, Pg–Ng, K_2, J	9827,94	A	Sołokija	638,82
				B	Bukowa	478,79
				C	Huczwa	1431,99
				D	Wełnianka	1087,63
				E	Uherka	472,96
				F	Włodawka	849,22
				G	Hanna	618,66
				H	Zielawa	1159,31
				I	Dolna Krzna	836,54
				J	Górna Krzna	1700,14
				K	Pulwa	200,43
				L	Leśna	353,45
Z-15	Bug od granicy do cofki Zbiornika Zegrzyńskiego	Q, Pg–Ng	9394,66	A	Brok Górny	711,89
				B	Nurzec	704,06
				C	Górny Liwiec	1237,99
				D	Kostrzyń	540,94
				E	Dolny Liwiec	1134,97
				F	Dolny odcinek Bugu	949,50
				G	Środkowy Nurzec	753,86
				H	Kamianka	700,10
				I	Myśla – Toczna	657,57
				J	Cetynia – Buczynka	816,98
				K	Dolny Nurzec	1186,78
Z-16	Wkra	Q, Pg, Ng	5357,33	A	Nidzica (zlewnia Nidy po ujście Szkotówki)	404,00
				B	Działdowo (zlewnia Dziadówki od Szkotówki do Lubowidza)	481,46
				Ca	Mławka górna	375,12
				Cb	Mławka dolna	299,44
				D	Żuromin (zlewnia Wkry od Lubowidza po Strzegowo i Mławki od Szreńska)	297,84
				E	Ciechanów (zlewnia Sony Zachodniej i Łydyni po Gostomin)	588,93
				F	Sońsk (zlewnia Sony Wschodniej po Sońsk)	306,97
				G	Raciąż (zlewnia Raciążnicy po Sarbiewo)	595,99
				H	Płońsk (zlewnia Płonki po Strachowo)	403,17

Tabela 7 cd.

1	2	3	4	5	6	7
Z-16	Wkra	Q, Pg, Ng	5357,33	I	Glinojeck	679,39
				J	Nowe Miasto (zlewnia dolnej Sony i lewobrzeżnej Łydyni oraz Wkry od Raciążnicy po Sonę)	407,10
				K	Nasielsk (zlewnia dolnej Wkry – poniżej Sony)	517,92
Z-17	Wisła (P) od Narwi do Korabnika poniżej Włocławka	Q, Pg, Ng, K	2966,48	A	Zlewnia górnej Skrwy po Skrwilno	155,98
				B	Środkowa Skrwa z Sierpienicą po Jeżewo	602,52
				C	Dolna Skrwa po Parzeń	481,20
				D	Sierpienica po Jeżewo	294,12
				E	Prawobrzeżna zlewnia Wisły od Narwi po Bzurę	298,41
				F	Prawobrzeżna zlewnia Wisły od Bzury po Mołtawę włącznie	338,36
				G	Prawobrzeżna zlewnia Wisły od Mołtawy i Zbiornika Włocławskiego po Skrwę ze Skrwą poniżej Parzenia	418,41
				H	Prawobrzeżna zlewnia Zbiornika Włocławskiego poniżej Skrwy	377,48
Z-18	Bzura	Q, Pg–Ng, K, J	7881,35	A	Zgierz – zlewnia górnej Bzury po Łęczycę	174,84
				A[2]	Zgierz – zlewnia górnej Bzury po Łęczycę	420,85
				B	Piątek – zlewnia Moszczenicy i Bzury po Ochnię wyłącznie	545,85
				C	Kutno – zlewnia Ochni	567,55
				D	Głowno – prawobrzeżna zlewnia Bzury od Moszczenicy po Bobrówkę	712,18
				E	Żychlin – lewobrzeżna zlewnia Bzury od Moszczenicy ze Sludwią po Świery	780,95
				F	Jeżów – zlewnia górnej Rawki i Łupi	558,27
				G	Rawa Maz. – zlewnia środkowej Rawki	699,36
				H	Łowicz – zlewnia Bzury od Bobrówki do dolnej Rawki włącznie	892,29
				I	Młodzieszyn – lewobrzeżna zlewnia dolnej Bzury (poniżej Rawki)	232,52
				J	Żyrardów – prawobrzeżna zlewnia Bzury od Rawki do Utraty włącznie	1545,83
				K	Kampinos – lewobrzeżna zlewnia Wisły od Kanału Żerańskiego do Bzury	750,85

Tabela 7 cd.

1	2	3	4	5	6	7
Z-19	Wisła (L) od Bzury do Korabnika poniżej Włocławka	Q, Pg–Ng, K, J	2772,05	A	Młodzieszyn – zlewnia Jeżówki	171,78
				B	Gąbin – zlewnia Kanału Troszyńskiego	370,39
				C	Gostynin – zlewnia Skrwy po Klusek	367,30
				D	Goścież – lewobrzeżna zlewnia Wisły od Skrwy do Strugi	279,27
				E	Chodecz – zlewnia Chodeczki i środkowej Zgłowiączki	524,71
				F	Głuszyn – zlewnia Kanału Głuszyńskiego	300,80
				G	Brześć Kujawski – zlewnia Bachorza i Zgłowiączki po Wieniec	205,01
				H	Włocławek – zlewnia Dubienki i dolnej Zgłowiączki	552,79

zasobów wód podziemnych i dokonania oceny stanu ich zagospodarowania, z uwzględnieniem związków z wodami powierzchniowymi, biorąc pod uwagę aktualny stan ich udokumentowania oraz analizując układy krążenia zlewniowego i antropogeniczne ośrodki drenażu oraz kryteria hydrostrukturalne, wydzielono łącznie 193 rejony wodnogospodarcze (Herbich i in., 2007).

Region wodny Środkowej Wisły obejmuje część dorzecza Wisły, zawierającą jej zlewnię od ujścia Sanny (bez zlewni Sanny) po przekrój Wisły w miejscowości Korabniki poniżej Włocławka. Powierzchnia tak określonego obszaru wynosi 101 040,3 km^2.

Tereny regionu wodnego Środkowej Wisły wchodzą w skład następujących jednostek hydrogeologicznych (Paczyński, red., 1995; Paczyński, Sadurski, red., 2007):

Region śląsko-krakowski (regiony triasu śląskiego i jury krakowsko-częstochowskiej). Użytkowe piętra wodonośne występują tu w triasowych i jurajskich szczelinowo-krasowych wapieniach i dolomitach, w spękanych piaskowcach karbońskich oraz w dolinnych i pokrywowych seriach piaszczystych wieku czwartorzędowego. Głębokość strefy aktywnej wymiany wód krążących w systemach zlewniowych sięga 150–250 m. Około 5% powierzchni regionu jest pozbawione poziomów wodonośnych o znaczeniu użytkowym.

Region środkowomałopolski (region świętokrzyski). Użytkowe piętra wodonośne występują tu w dewońskich, triasowych i jurajskich szczelinowo-krasowych wapieniach i dolomitach, w spękanych wapieniach mioceńskich oraz w dolinnych i pokrywowych seriach piaszczystych wieku czwartorzędowego. W skałach szczelinowych głębokość aktywnej wymiany wód krążących w systemach zlewniowych dochodzi do 200–250 m. Około 20% powierzchni regionu jest pozbawione poziomów wodonośnych o znaczeniu użytkowym.

Region lubelsko-podlaski (region lubelsko-radomski). Użytkowe piętra wodonośne występują tu w kredowych szczelionowo-porowych opokach i marglach oraz w dolinnych i pokrywowych seriach piaszczystych wieku czwartorzędowego, w obrębie kompleksu utworów poglacjalnych oraz struktur dolinnych. Lokalnie, w północnej części regionu występują poziomy użytkowe w utworach mioceńskich. Piętro kredowe, w użytkowych poziomach

wodonośnych w szczelinowo-porowych, piaskowcowych utworach kredy dolnej oraz w węglanowych utworach kredy górnej (w spękanych marglach, opokach i kredzie piszącej), o zróżnicowanej wodonośności (najczęściej średnio i silnie wodonośnych), prowadzi wody o dobrej jakości. Głębokość strefy aktywnej wymiany wód systemów krążenia zlewniowego sięga 100–200 m, zaś do 50–80 m w rejonach, gdzie użytkowe poziomy wodonośne występują w utworach piaszczystych pokrywy kenozoicznej. W skali regionu brak obszarów pozbawionych poziomów wodonośnych o znaczeniu użytkowym.

Region nidziański (subregion nidziański). Użytkowe piętra wodonośne występują tu w kredowych szczelinowo-porowych marglach, opokach i wapieniach oraz w dolinnych i pokrywowych seriach piaszczystych wieku czwartorzędowego o miąższości 10–20 m, lokalnie do 50 m. Głębokość strefy aktywnej wymiany wód systemów krążenia zlewniowego w spękanym górotworze kredowym sięga 100–200 m. W skali regionu brak obszarów pozbawionych poziomów wodonośnych o znaczeniu użytkowym.

Region kutnowski. Użytkowe poziomy wodonośne występują tu w szczelinowo-krasowych wapieniach oraz wapieniach marglistych piętra jurajskiego, w piaskach mioceńskich i oligoceńskich oraz w piętrze czwartorzędowym: piaszczystych utworach doliny i pradoliny Wisły, zaś na wysoczyźnie – w nieciągłych seriach piasków międzyglinowych. Użytkowe poziomy wodonośne piętra jurajskiego – w piaskach i szczelinowo-porowych piaskowcach jury środkowej oraz w użytkowych poziomach wodonośnych w szczelinowo-krasowych wapieniach jury górnej – są silnie wodonośne, o dobrej jakości wód, lecz pozbawione izolacji od zanieczyszczeń z powierzchni terenu. Około 3% powierzchni regionu jest pozbawione poziomów wodonośnych o znaczeniu użytkowym. Lokalnie charakter użytkowy poziomów wodonośnych – łącznie z piętrem czwartorzędowym – jest zakłócony ascenzyjnym zasoleniem.

Region łódzki (region mogileńsko-łódzko-nidziański, subregion łódzki). Główne użytkowe piętro wodonośne w skali regionu tworzą piaski dolnokredowe i wapienie z marglami górnokredowe oraz wodnolodowcowe i pradolinne serie piaszczyste czwartorzędowe. Strefa aktywnej wymiany wód sięga tu ponad 500 m, zaś wody słodkie występują do głębokości ponad 1500 m. Poziomy wodonośnych piasków mioceńskich są nieciągłe i mają podrzędne znaczenie. W skali regionu brak obszarów pozbawionych użytkowych poziomów wodonośnych.

Region mazowiecki (region warszawski/środkowomazowiecki). Główne użytkowe poziomy wodonośne występują tu w wielopoziomowym piętrze czwartorzędowym – w seriach aluwialnych współczesnych dolin, pradolin i dolin kopalnych, w pokrywach sandrowych oraz w piaszczystych poziomach międzyglinowych i podglinowych. Powszechnie występują poziomy użytkowe w piaskach mioceńskich i oligoceńskich, które lokalnie znajdują się w bezpośrednim kontakcie hydraulicznym z wodami dolnych poziomów piętra czwartorzędowego. W części wschodniej i północnej regionu mazowieckiego stwierdza się nieciągłości w wykształceniu poziomów użytkowych piętra paleogeńsko-neogeńskiego – w rejonach głębokich czwartorzędowych struktur kopalnych oraz w strefach zaburzeń glacitektonicznych, a także zmian facjalnych w utworach wodonośnych. Głębokość strefy aktywnej wymiany wód systemów krążenia zlewniowego osiąga tu do 50–100 m, zależnie od kontaktów hydraulicznych pomiędzy piaszczystymi poziomami w seriach dolinnych i międzyglinowych. Lokalnie, w części południowo-wschodniej regionu występuje poziom użytkowy w marglach piętra kredowego. W skali regionu brak rozleglejszych obszarów pozbawionych poziomów wodonośnych o znaczeniu użytkowym; obszary te są skoncentrowane głównie w zlewni dolnej Wkry, Skrwy prawej i bezpośredniej, prawobrzeżnej zlewni Wisły poniżej Modlina.

Region mazursko-podlaski i mazurski (region mazowiecko-mazursko-podlaski). Użytkowe poziomy wodonośne występują tu w wielopoziomowym piętrze czwartorzędowym – w seriach aluwialnych współczesnych dolin, pradolin i dolin kopalnych, w pokrywach sandrowych oraz w piaszczystych poziomach międzyglinowych i podglinowych. Podrzędnie i o zasięgu lokalnym występują poziomy użytkowe w piaskach mioceńskich i oligoceńskich, które lokalnie znajdują się w bezpośrednim kontakcie hydraulicznym z wodami dolnych poziomów w utworach czwartorzędowych. Lokalnie – w części południowo-wschodniej regionu – występuje poziom użytkowy w marglach piętra kredowego oraz w wapieniach jurajskich. Głębokość strefy aktywnej wymiany wód systemów krążenia zlewniowego osiąga tu do 30–120 m, zależnie od kontaktów hydraulicznych pomiędzy piaszczystymi poziomami w seriach dolinnych i międzyglinowych. Lokalnie w strefach zaburzeń glacitektonicznych oraz w rejonach serii glin zwałowych pozbawionych warstw piasków międzyglinowych, stwierdza się brak użytkowych poziomów wodonośnych.

W obrębie regionu wodnego Środkowej Wisły, częściowo lub całkowicie, znajdują się obszary 37 głównych zbiorników wód podziemnych wymagających szczególnej ochrony (GZWP), w tym:

- 17 zbiorników, w których wody podziemne występują w poziomach wodonośnych piętra czwartorzędowego,
- 1 zbiornik, w którym wody podziemne występują w poziomach wodonośnych połączonych pięter kredowego i paleogeńsko-neogeńskiego,
- 3 zbiorniki, w których wody podziemne występują w poziomach wodonośnych piętra paleogeńsko-neogeńskiego,
- 5 zbiorników, w których wody podziemne występują w poziomach wodonośnych piętra kredowego,
- 8 zbiorników, w których wody podziemne występują w poziomach wodonośnych piętra jurajskiego,
- 2 zbiorniki, w których wody podziemne występują w poziomach wodonośnych piętra triasowego,
- 2 zbiorniki, w których wody podziemne występują w poziomach wodonośnych piętra dewońskiego.

5.4. Jednostki bilansowe w regionie wodnym Dolnej Wisły

Opracowanie obejmuje obszar administrowany przez Regionalny Zarząd Gospodarki Wodnej w Gdańsku: region wodny Dolnej Wisły, tj. dorzecze dolnej Wisły poniżej Włocławka, zlewnie rzek Przymorza na zachód od ujścia Wisły po rzekę Słupię włącznie oraz na wschód od ujścia Wisły, po rzekę Pasłękę włącznie. Tak zdefiniowany region o powierzchni 35,08 tys. km^2 w ramach rejonizacji hydrograficznej podzielony został na obszary bilansowe, oznaczone numerami od G-1 do G-21.

W wyniku prac dokumentacyjnych i studialnych (Herbich i in., 2007), prowadzonych dla ustalenia zasobów wód podziemnych i dokonania oceny stanu ich zagospodarowania z uwzględnieniem związków z wodami powierzchniowymi, analizując układy krążenia i kryteria hydrostrukturalne, w obszarze działalności RZGW w Gdańsku wydzielono łącznie 74 rejony wodnogospodarcze (fig. 7, tab. 8). Dwa obszary bilansowe przekwalifikowano na

rejony wodnogospodarcze (obszar bilansowy G-8 Fordon–Świecie na rejon G-6/I i obszar G-13 Drybok na rejon G-12/E.

Podział ten uwzględnia naturalne granice hydrograficzne, a jednostkom bilansowym odpowiadają zlewnie wód powierzchniowych I i II rzędu, przyjęte według podziału hydrograficznego Polski (Rastrowa mapa..., 2007). Zlewnie te zostały uznane za podstawowe jednostki zarządzania wodami. Przyjęte kryterium hydrograficzne sprawiło, że wydzielone obszary bilansowe są niejednorodne, różnią się między sobą przede wszystkim powierzchnią oraz warunkami geomorfologicznymi, hydrologicznymi, hydrogeologicznymi i rodzajem zagospodarowania terenu. Do największych jednostek bilansowych należą zlewnie Drwęcy (G-3) i Brdy (G-6).

Wydzielone rejony wodnogospodarcze w obszarach bilansowych o udokumentowanych zasobach wód podziemnych opierają się na podziale zlewniowym i stanowią jednostki dostosowane do sporządzania jednolitych bilansów wód powierzchniowych i wód podziemnych. Jednostki te w wielu przypadkach są zgodne lub mają wspólne granice ze scalonymi częściami wód powierzchniowych.

Obszar regionu wodnego Dolnej Wisły wchodzi w skład pięciu jednostek hydrogeologicznych według Atlasu hydrogeologicznego Polski (Paczyński, red., 1995): regionu pomorskiego, gdańskiego, mazurskiego, mazowieckiego i wielkopolskiego. Według podziału regionalnego zwykłych wód podziemnych (Paczyński, Sadurski, red., 2007) region wodny Dolnej Wisły leży niemal w całości w obrębie dwóch hydrostrukturalnych jednostek hydrogeologicznych: **regionu mazowiecko-mazursko-podlaskiego** oraz **regionu pomorskiego.** Zwykłe wody podziemne o mineralizacji do 1 g/l występują w wielopiętrowym systemie, obejmującym poziomy wodonośne w osadach czwartorzędu, paleogenu i neogenu oraz kredy i jury. Głębokość strefy aktywnej wymiany wód związanej ze zlewniowymi systemami krążenia wód jest zróżnicowana i zależy od pionowych kontaktów hydraulicznych pomiędzy poziomami wodonośnymi. Przyjmuje się, że nie przekracza ona 100 m, najczęściej wynosi 40–60 m. Miąższość strefy wód zwykłych jest również zróżnicowana. Na większości obszaru miąższość mieści się w przedziale od 300 do 600 m, lokalnie osiąga 800 m i dopiero głębiej występują wody zmineralizowane. Należy tu nadmienić, że w granicach regionu występują niewielkie obszary, gdzie wody podziemne w całym profilu są zasolone (rejon Ciechocinka).

Użytkowe poziomy wodonośne występują w następujących piętrach wodonośnych:

- **czwartorzędowym** – w obrębie wodonośnych poziomów związanych z utworami piaszczysto-żwirowymi z różnowiekowych struktur dolin rzecznych i pradolin, dolin kopalnych, poziomów wodnolodowcowych powierzchniowych (sandrowych) i kopalnych (międzymorenowych), rynien lodowcowych i innych struktur glacjalnych,
- **paleogeńsko-neogeńskim** – w użytkowych poziomach wodonośnych miocenu i oligocenu,
- **kredowym** – w szczelinowo-porowych poziomach wodonośnych kredy dolnej oraz w szczelinowych i porowych utworach kredy górnej,
- **jurajskim** – w wodonośnych piaskach i w szczelinowo-porowych utworach jury dolnej i górnej.

Czwartorzędowe piętro wodonośne występuje praktycznie na całym terenie i stanowi podstawowe źródło zaopatrzenia w wodę ludności, rolnictwa i przemysłu. Wody podziemne związane są z warstwami piaszczysto-żwirowymi różnowiekowych struktur tworzących poziomy wodonośne. Liczba i miąższość poziomów i ich rozprzestrzenienie związane jest nie

Fig. 7. Podział regionu wodnego Dolnej Wisły na obszary bilansowe i rejony wodnogospodarcze (wg Herbicha i in., 2007)

tylko z zasięgiem kolejnych zlodowaceń, ale z wyniesieniem i ukształtowaniem podłoża. W profilu pionowym najczęściej występują dwa lub trzy użytkowe poziomy wodonośne na różnych głębokościach, najczęściej w przedziale 15–50 m (ale zdarza się, że występują na większych głębokościach, nawet do 200 m).

Tabela 8

Podział regionu wodnego Dolnej Wisły na obszary bilansowe i rejony wodnogospodarcze

Nr	Nazwa obszaru bilansowego	Wiek poziomów wodonośnych	Powierzchnia [km^2]	Nr rejonu	Nazwa rejonu wodnogospodarczego	Powierzchnia [km^2]
1	2	3	4	5	6	7
G-1	Tążyna	Q, Pg–Ng, J	749,26	A	Równina Inowrocławska	568,12
				B	Kotlina Toruńska (pradolina)	181,14
G-2	Mień	Q, Pg–Ng	648,31	A	Mień	648,31
G-3	Drwęca	Q, Pg–Ng, K	5693,28	A	Drwęca ze zlewnią Jeziora Drwęckiego po wodowskaz Samborowo	987,51
				B	Drwęca ze zlewnią jeziora Jeziorak po wodowskaz Rodzone	782,73
				C	Wel	773,42
				D	Środkowa Drwęca po wodowskaz Brodnica	1084,00
				E	Dolna Drwęca	1119,98
				F	Odcinek ujściowy Drwęca ze zlewnią Bachy	945,66
G-4	Zielona Struga	Q, Pg–Ng	685,97	A	Wysoczyzna Równiny Inowrocławskiej	144,45
				B	Kotlina Toruńska (pradolina)	541,53
G-5	Struga Toruńska	Q	467,49	A	Struga Toruńska	467,49
G-6	Brda	Q, Pg–Ng, K	4831,20	A	Górna Brda	944,12
				B	Zbrzyca	448,28
				C	Zlewnia Jeziora Charzykowskiego	437,64
				D	Środkowa Brda	938,20
				E	Kamionka	499,75
				F	Sępólna	193,05
				G	Zlewnia Zalewu Koronowskiego	667,49
				H	Dolna Brda	536,78
				I	Wisła (l), Fordon-Świecie	164,52
G-7	Fryba	Q	447,36	A	Fryba	447,36
G-9	Wda	Q, Pg–Ng	2330,81	A	Wda z Trzebiochą	421,10
				B	Wda z Niechwaszczą	501,34
				C	Środkowa Wda	450,83
				D	Dolna Wda	957,54

Tabela 8 cd.

1	2	3	4	5	6	7
G-10	Osa	Q, Pg–Ng, K	2150,00	A	Kanał Główny	544,97
				B	Górna Osa	555,62
				C	Lutryna	438,72
				D	Dolna Osa	610,69
G-11	Mątawa	Q, Pg–Ng	517,21	A	Mątawa	517,21
G-12	Wierzyca	Q, Pg–Ng, K	1992,00	A	Górna Wierzyca	401,74
				B	Wietcisa	275,89
				C	Środkowa Wierzyca	461,31
				D	Dolna Wierzyca ze Strugą Młyńską	634,93
				E	Drybok	218,13
G-14	Zlewnia Raduni i Motławy	Q, Pg–Ng, K	1779,54	A	Górna Radunia	342,15
				B	Dolna Radunia	570,21
				C	Motława-Bielawa-Kłodawa	433,53
				D	Żuławy Gdańskie	451,65
G-15	Zlewnia Słupi	Q, Pg–Ng	1657,13	A	Górna Słupia	273,24
				B	Środkowa Słupia	495,29
				C	Skotawa	269,20
				D	Dolna Słupia	559,07
				E	Przymorze	60,33
G-16	Zlewnia Łupawy	Q, Pg–Ng	833,13	A	Górna Łupawa	436,73
				B	Dolna Łupawa	367,99
				C	Przymorze	128,42
G-17	Zlewnia Łeby	Q, Pg–Ng	1785,12	A	Górna Łeba	858,37
				B	Środkowa Łeba	326,92
				C	Wysoczyzna Damnicka	179,43
				D	Wysoczyzna Żarnowiecka	142,49
				E	Pas nadmorski	277,91
G-18	Zlewnia Redy-Piaśnicy	Q, Pg–Ng, K	1541,47	A	Górna Reda	409,01
				B	Dolna Reda, Zagórska Struga	365,77
				C	Piaśnica	345,34
				D	Czarna Woda, Płutnica	276,23
				E	Kacza, Potok Oliwski	113,81
				F	Półwysep Helski	31,31

Tabela 8 cd.

1	2	3	4	5	6	7
G-19	Zalew Wiślany	Q, Pg–Ng, K	2554,11	A	Górna Liwa	702,79
				B	Dolna Liwa	269,88
				C	Młynówka Malborska	278,64
				D	Żuławy Wielkie	932,73
				E	Mierzeja Wiślana	68,09
				F	Zalew Wiślany	301,99
G-20	Elbląg i Żuławy Elbląskie	Q, Pg–Ng, K	1427,84	A	Żuławy Elbląskie	386,59
				B	Wąska z wysoczyzną	459,72
				C	Kanał Elbląski, Dzierzgoń	581,53
G-21	Zlewnia Pasłęki i Baudy	Q, Pg–Ng, K	2876,15	A	Górna Pasłęka	666,12
				B	Środkowa Pasłęka	611,69
				C	Dolna Pasłęka	315,01
				D	Drwęca Warmińska	327,67
				E	Wałsza	406,97
				F	Bauda	548,69

Omawiane piętro wodonośne cechuje wysoka zasobność i dobra jakość wód. Na zasobach wodnych tego piętra bazuje większość ujęć wód podziemnych oraz wszystkie rzeki i cieki regionu. Większość głównych zbiorników wód podziemnych została wydzielona w strukturach wodonośnych czwartorzędowego piętra wodonośnego. Odporność na zanieczyszczenia antropogeniczne jest zróżnicowana w zależności od głębokości zalegania poziomów wodonośnych oraz rodzaju i miąższości warstw izolacyjnych w ich nadkładzie.

Ważne źródło zaopatrzenia w wodę stanowi również **paleogeńsko-neogeńskie piętro wodonośne**. Wody podziemne związane są utworami piaszczystymi miocenu i oligocenu oraz lokalnie z piaskami pliocenu, tworzącymi jedną lub dwie użytkowe warstwy (poziomy), o zmiennej miąższości. Opisywane piętro występuje powszechnie w pasie wysoczyzn Przymorza i w pasie pojeziernym, a także w północnej części zlewni Pasłęki oraz w zlewni Brdy.

Charakterystyczną cechą poziomów paleogeńsko-neogeńskich jest ich bezpośredni kontakt i ścisły związek hydrauliczny z wgłębnymi poziomami piętra czwartorzędowego. W wielu zlewniach stanowią wspólny czwartorzędowo-paleogeńsko-neogeński poziom wodonośny. Wynika to, jak już wcześniej wspomniano, z występowania dużej liczby czwartorzędowych struktur erozyjnych – kopalnych dolin i rynien subglacjalnych, rozcinających poziomy miocenu i oligocenu.

Zasobność opisywanego piętra jest na ogół mniejsza od piętra czwartorzędowego. Z uwagi na głębsze zaleganie, także stopień wrażliwości na zanieczyszczenia antropogeniczne jest mniejszy.

W niektórych obszarach bilansowych istotne znaczenie w zaopatrzeniu w wodę ma **kredowe piętro wodonośne**; zwłaszcza w rejonie Trójmiasta, Bydgoszczy i Torunia, Malborka, Gniewu, Kwidzynia (Sadurski, 1985, 1989).

W rejonie gdańskim, w kredowym piętrze wodonośnym występują dwa poziomy wodonośne:

– poziom górny, związany z serią skał węglanowo-krzemionkowych o miąższości do ok. 80 metrów; poziom ten występuje lokalnie w rejonie Gdańska i Żuław Wielkich.

– poziom dolny, zbudowany z glaukonitowych piasków drobnoziarnistych o miąższości 100–150 metrów. Poziom ten jest szeroko rozprzestrzeniony, rozpoznany na Pojezierzu Kaszubskim i Pobrzeżu Gdańskim. Charakteryzuje się bardzo dobrymi parametrami hydrogeologicznymi: przewodnictwo wodne dochodzi do 300 m^2/d, a wydatki studni mieszczą się w granicach 100–250 m^3/h.

W rejonie Bydgoszczy wody tego piętra występują w piaskach średnioziarnistych i drobnoziarnistych oraz w piaskowcach kredy dolnej. Miąższość wodonośca osiąga ponad 100 m, jego przewodnictwo wodne mieści się w przedziale od 150 do ponad 2000 m^2/d, a wydatki eksploatacyjne studni w granicach 100–250 m^3/h.

W rejonie Torunia poziom wodonośny stanowią spękane i skrasowiałe wapienie, margle i wapienie margliste kredy górnej. Występuje on na głębokości od 200 do 300 m p.p.t, a jego miąższość zmienia się w granicach 20–70 m. Wydajności studni wahają się od kilku do ponad 120 m^3/h.

Wody piętra jurajskiego (o użytkowym znaczeniu) występują w rejonie Aleksandrowa Kujawskiego. Są one związane ze spękanymi wapieniami, marglami i piaskowcami jury dolnej i górnej. Zwierciadło wody ma charakter naporowy. Parametry hydrauliczne warstw są dobre, a wydatki studni mieszczą się w przedziale od 60 do 100 m^3/h.

W podziale regionalnym zwykłych wód podziemnych Polski w granicach opisywanego regionu wodnego występuje pięć regionów hydrogeologicznych; są to: cały region gdański, wschodnia część regionu pomorskiego, zachodnia część regionu mazurskiego i mazowieckiego oraz fragment regionu wielkopolskiego.

W strefie nadmorskiej wody podziemne niektórych poziomów charakteryzują się podwyższoną mineralizacją (niekiedy są zasolone), występują one najczęściej w sąsiedztwie zbiorników wód powierzchniowych znajdujących się pod wpływem morza (okresowe wlewy wód morskich do jezior) oraz w obszarach intensywnej eksploatacji. Geneza zasolenia tych wód jest złożona, może bowiem wynikać z intruzji wód morskich, dopływu ascenzyjnego solanek z głębszych poziomów, a także dopływu stagnujących wód reliktowych z interglacjalnych zalewów morskich.

Regionalne badania hydrogeologiczne wykazały, że system krążenia wód podziemnych w piętrowym układzie poziomów wodonośnych jest bardzo złożony.

Najwyższe rzędne statycznego zwierciadła wód podziemnych obserwuje się w centralnej części Pojezierza Kaszubskiego i na Pojezierzu Dobrzyńskim. W piętrze czwartorzędowym kształtują się one na 150–180 m n.p.m., zaś w poziomach piętra paleogeńsko-neogeńskiego kilka lub kilkanaście metrów niżej (120–150 m n.p.m.). Podobna prawidłowość w relacjach ciśnień piezometrycznych występuje na pozostałych obszarach wysoczyzn polodowcowych i wzniesień nadmorskich. Taki układ hydrodynamiczny jednoznacznie wskazuje, że na tych obszarach (wysoczyznach) następuje zasilanie/przesączanie się wód podziemnych, skierowane w głąb systemu wodonośnego. Na obszarze Żuław Wiślanych, nizin nadmorskich, w dolinie Wisły i w pradolinach obserwuje się sytuację odwrotną. Zwierciadło

piezometryczne poziomów starszych pięter wodonośnych na ogół stabilizuje się nieco wyżej od statycznego zwierciadła wód czwartorzędowego piętra wodonośnego; taki układ hydrostatyczny wskazuje na kierunek przesączania się wody do góry do płytszych poziomów (drenaż wgłębnych poziomów).

System krążenia wód podziemnych w opisywanym regionie funkcjonuje w układzie stref zasilania, przepływu podziemnego (tranzytu wód) do stref drenażu rzecznego i morskiego.

Zasilanie wód podziemnych zachodzi na drodze infiltracji opadów na całym terenie, przy czym jest ono bardzo zróżnicowane ze względu na różne wielkości opadu. Zasadnicze znaczenie dla kształtowania zasobów wód mają obszary wysoczyzn polodowcowych, zwłaszcza pojezierza. Są to wspólne obszary zasilania dla wszystkich pięter wodonośnych, a wielkość infiltracji lokalnie może osiągać 200 mm/rok. Zasilanie wgłębnych poziomów wodonośnych czwartorzędu, paleogeńsko-neogeńskich i kredy jest uwarunkowane słabo przepuszczalnymi przewarstwieniami i najczęściej nie przekracza 20–50 mm/rok. Jedynie lokalnie w oknach hydrogeologicznych może być większa, rzędu 150 mm/rok (Sadurski, 1989; Lidzbarski, Kordalski, 2003, 2005).

Na wysoczyznach formowane są zasadnicze strumienie wód we wszystkich poziomach wodonośnych. W górnych poziomach wodonośnych piętra czwartorzędowego wyraźnie zaznaczają się lokalne kierunki przepływu wód podziemnych związane z układem sieci rzecznej i w tym przypadku najczęściej zlewnie wód podziemnych pokrywają się ze zlewniami powierzchniowymi.

Analiza warunków hydrodynamicznych wgłębnych poziomów wodonośnych czwartorzędowo-paleogeńsko-neogeńskich, paleogeńsko-neogeńskich i kredy wykazała, że kierunki przepływu wód w tych poziomach są zbieżne, strumienie wód uformowane w strefie zasilania płyną w kierunku zasadniczych stref drenażu. Ich zlewnie często są niezgodne ze zlewniami powierzchniowymi niższego rzędu. W zachodniej części regionu strumienie wód wgłębnych poziomów rozpływają się od Garbu Kaszubskiego na północ i wschód do Bałtyku, Zatoki Gdańskiej i Żuław Wiślanych oraz na południe i południowy wschód do doliny Wisły i Pradoliny Toruńsko-Eberswaldzkiej. Podobnie jest we wschodniej części opisywanego regionu, odpływ strumieni wód we wgłębnych poziomach występujących tu pięter zachodzi „promieniście". Część strumieni z terenów pojezierzy odpływa w kierunku Żuław Wiślanych, część na zachód do doliny Wisły i na południe do Pradoliny Toruńsko-Eberswaldzkiej. Strefa nadmorska, dolina Wisły i pradolina stanowią zasadniczą bazę drenażu wód podziemnych, a także wód powierzchniowych opisywanego regionu wodnego.

W obrębie regionu wodnego Dolnej Wisły znajduje się 31 głównych zbiorników wód podziemnych wymagających szczególnej ochrony (GZWP). Większość z nich została wyodrębniona w czwartorzędowych strukturach wodonośnych (26), 4 w paleogeńsko-neogeńskim piętrze wodonośnym, a 1 w utworach kredy (rejon Trójmiasta). Największym z nich jest Zbiornik Iławski – GZWP 210, usytuowany w międzymorenowych strukturach Pojezierza Iławskiego. Jego powierzchnia wynosi 967 km^2, a zasoby dyspozycyjne zostały oszacowane w wysokości 4000 m^3/h. Strefą ochronną proponuje się objąć znaczną część zbiornika (ok. 876 km^2). Ważne są również zbiorniki wyodrębnione w strukturach wodonośnych Żuław Wiślanych (GZWP 111, 112 i 203). Natomiast pod względem zasobności i wysokich wartości parametrów hydrogeologicznych wyróżniają się zbiorniki związane z osadami pradolin i struktur rynnowych: GZWP 107, 109 i 110.

6. WYNIKI BILANSU WODNOGOSPODARCZEGO Z UWZGLĘDNIENIEM ODDZIAŁYWAŃ Z WODAMI POWIERZCHNIOWYMI

6.1. Region wodny Małej Wisły

Zasoby wód podziemnych możliwe do zagospodarowania – określone jako zasoby dyspozycyjne i perspektywiczne dla regionu wodnego Małej Wisły, o powierzchni 3942,5 km^2, wynoszą łącznie 906 tys. m^3/d, tj. 10,48 m^3/s (330,7 mln m^3/r), w tym zasoby dyspozycyjne ustalone w ilości 312 tys. m^3/d oraz zasoby perspektywiczne w obszarach nie objętych dokumentacjami hydrogeologicznymi – 594 tys. m^3/d (tab. 10).

Analizowany obszar w znacznej części jest silnie zmieniony antropogenicznie – zlokalizowane są tu liczne kopalnie podziemne węgla kamiennego, rud cynku i ołowiu oraz odkrywkowe kopalnie piasków i żwirów. Powoduje to trudności w doborze zlewni reprezentatywnych, gdyż dostępne dane hydrologiczne pochodzą w większości ze zlewni o reżimie odpływu zniekształconym działaniami, takimi jak zrzuty wód kopalnianych czy też przerzuty wód między zlewniami.

Zasoby gwarantowane wód podziemnych wynoszą 8,15 m^3/s, tj. 704,2 tys. m^3/d (tab. 10). Średnia wartość modułu zasobów gwarantowanych wynosi tu 180 m^3/d · km^2. W obrębie 75% analizowanych rejonów wodnogospodarczych, zasoby gwarantowane wód podziemnych są niższe lub zbliżone do zasobów dostępnych do zagospodarowania – dyspozycyjnych lub perspektywicznych, zależnie od stopnia rozpoznania zasobów w poszczególnych obszarach bilansowych i rejonach wodnogospodarczych (fig. 8). W pozostałej części rejonów silnie zmienionych antropogenicznie, wartości zasobów gwarantowanych wyznaczone na podstawie analizy przepływów niskich, przekraczały wartość zasobów dyspozycyjnych ze względu na wysokie wartości tych przepływów, kształtowanych przez zrzuty wód pochodzących z odwadniania kopalń.

Odpływy jednostkowe ze zlewni rzek regionu Małej Wisły o silnym wpływie antropopresji są bardzo wysokie (np. Rawa – 35,6 l/s · km^2, Pogoria – 32,1 l/s · km^2, Bytomka – 20,8 l/s · km^2). Dominującą część ich przepływu (>70%) stanowią ścieki przemysłowe i komunalne oraz wody dołowe z kopalń. Na odpływ rzek w Rybnickim Okręgu Węglowym (Piotrówka – 9,9 l/s · km^2, Nacyna – 13,7 l/s · km^2, Szotkówka – 15,0 l/s · km^2) składają się w 40–60% wody użyte w procesach gospodarczych: ścieki przemysłowe, komunalne i wody dołowe z kopalń (Czaja, 2009). Przepływ tych rzek pochodzi głównie z wód podziemnych i powierzchniowych pobranych z ujęć w sąsiednich zlewniach hydrograficznych oraz częściowo również z zasobów statycznych poziomów wód wgłębnych.

Przeprowadzony bilans wodnogospodarczy regionu Małej Wisły wykazuje deficyt zasobów gwarantowanych (tab. 10, fig. 10), zarazem nie wykazując deficytu zasobów dyspozycyj-

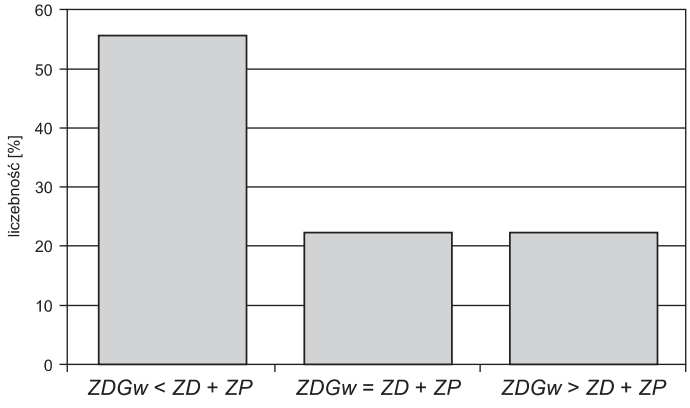


Fig. 8. Rozkład wielkości zasobów gwarantowanych (*ZDGw*) w stosunku do zasobów dyspozycyjnych i/lub perspektywicznych (*ZD+ZP*) w rejonach wodnogospodarczych regionu wodnego Małej Wisły

nych i perspektywicznych (fig. 9). Przyjęte do obliczeń zasobowych wielolecie 1951–1970 było okresem intensywniejszej niż obecnie eksploatacji górniczej, a tym samym wysokiego poboru odwodnieniowego oraz zrzutu do rzek wód kopalnianych i ścieków. Uwzględniane w bilansie wodnogospodarczym pobory wód podziemnych z roku 2009 pochodzą z okresu o tendencji spadkowej poboru wód związanej z sukcesywnym ograniczaniem górnictwa i restrukturyzacją przemysłu.

Pobór aktualny wód podziemnych (2009 r.) w regionie Małej Wisły wynosi 10,12 m^3/s (874,4 tys. m^3/d). W analizie bilansowej wpływu poboru aktualnego, prognozowanego i maksymalnego dopuszczalnego, uwzględniany był – zgodnie z metodyką – 25% i 75% zwrot pobranych wód do rzek w postaci ścieków i wód kopalnianych.

Jako zlewnie reprezentatywne dla ustalenia gwarantowanych zasobów wód podziemnych dostępnych do zagospodarowania *ZDGw* w regionie wodnym Małej Wisły wybrane zostały zlewnie rzek Gostynia po Bojszowy i Brynica po Szabelnię, położone w rejonach wodnogospodarczych, odpowiednio GL-II/E i GL-III/B (tab. 9). Czas inercji systemu wodonośnego kształtującego odpływ podziemnych dla Gostyni po wodowskaz Bojszowy został określony na 6 lat, zaś dla Brynicy po wodowskaz Szabelnia na 5 lat.

W obu zlewniach wpływ poboru aktualnego i prognozowanego (z uwzględnieniem zrzutu wód kopalnianych i zwrotu zużytych wód w postaci ścieków) na średni roczny przepływ rzeczny *SQ* jest niewielki (fig. 13a, b; 15a, b). Wpływ maksymalnego dopuszczalnego poboru z ujęć wód podziemnych – określonego w wysokości zasobów gwarantowanych – jest już znaczny. Realizacja takiego poboru spowodowałaby w zlewni Gostyni spadek przepływu *SQ* średnio o 0,5 m^3/s, zaś w zlewni Brynicy – o 1–1,5 m^3/s, co jednakże nie grozi obniżeniem średniego rocznego przepływu rzecznego poniżej wartości przepływu nienaruszalnego (fig. 13c, 15c). Wynik oceny wpływu poboru wód podziemnych na przepływ wód powierzchniowych w obu zlewniach wykazuje znaczącą zależność od stopnia zwrotu zużytych wód do systemu hydrograficznego zlewni.

Wpływ poboru aktualnego i prognozowanego (z uwzględnieniem zrzutu wód kopalnianych i zwrotu zużytych wód w postaci ścieków) na przepływy pochodzenia podziemnego

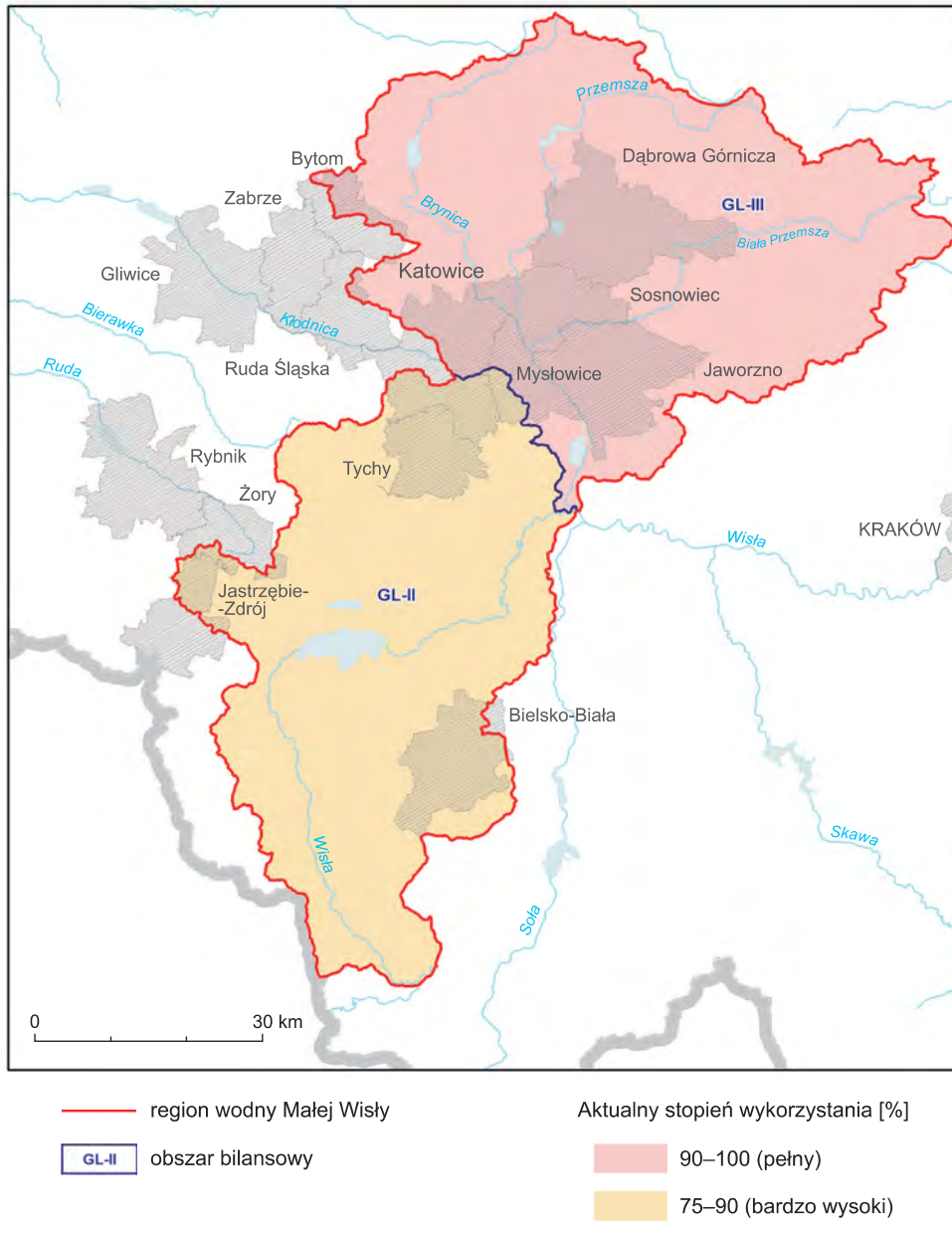


Fig. 9. Stopień aktualnego wykorzystania dostępnych do zagospodarowania wód podziemnych (dyspozycyjnych i/lub perspektywicznych) w obszarach bilansowych regionu wodnego Małej Wisły

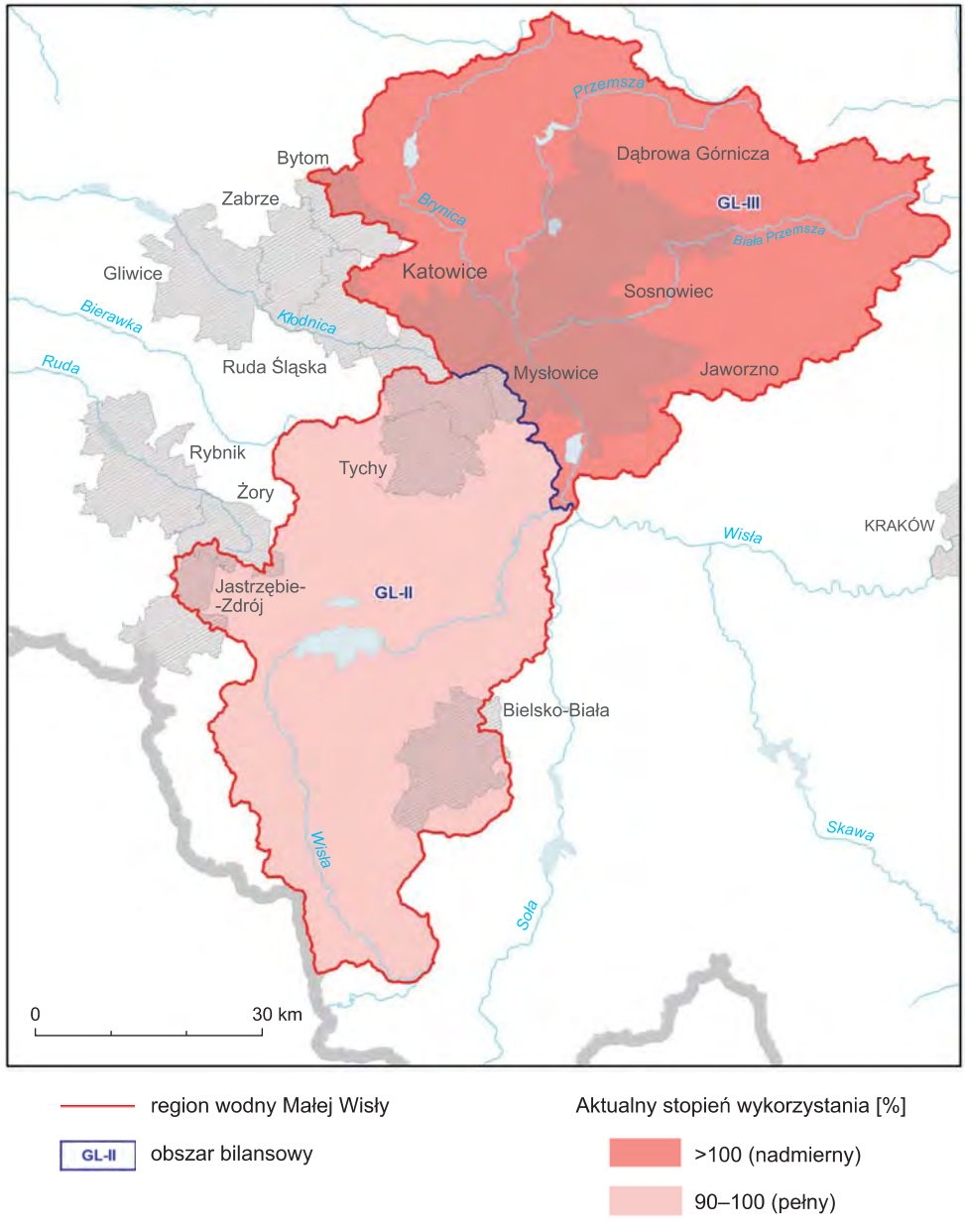


Fig. 10. Stopień aktualnego wykorzystania zasobów gwarantowanych wód podziemnych w obszarach bilansowych regionu wodnego Małej Wisły

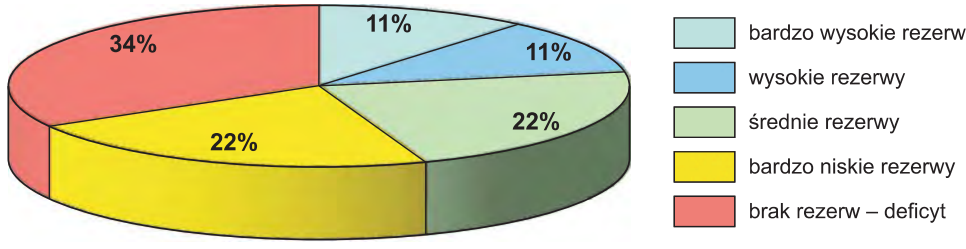


Fig. 11. Struktura aktualnego wykorzystania zasobów dostępnych do zagospodarowania dyspozycyjnych i/lub perspektywicznych w rejonach wodnogospodarczych w regionie wodnym Małej Wisły

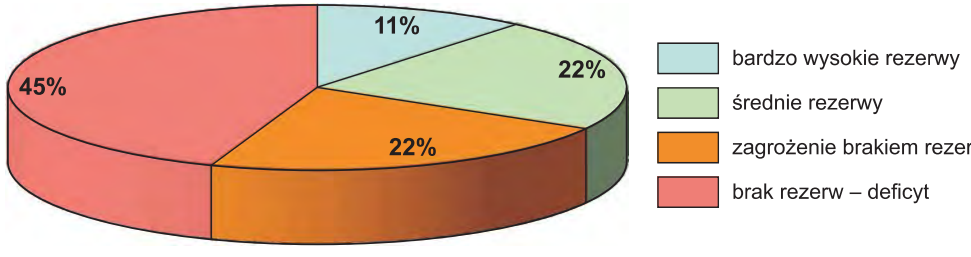


Fig. 12. Struktura aktualnego wykorzystania dostępnych do zagospodarowania zasobów gwarantowanych w rejonach wodnogospodarczych w regionie wodnym Małej

Tabela 9

Rejony wodnogospodarcze i reprezentatywne zlewnie bilansowe wytypowane dla zilustrowania wpływu zagospodarowania wód podziemnych na zasoby wód powierzchniowych

Region wodny	Rejon wodnogospodarczy			Reprezentatywna zlewnia			
	Obszar bilansowy	Symbol rejonu wodnogospodarczego	Powierzchnia A_{RWG} [km^2]	Rzeka	Przekrój wodowskazowy	*CI* [lata]	Powierzchnia A_{ZB} [km^2]
Mała Wisła	GL-II	GL-II/E	344,22	Gostynia	Bojszowy	6	331,0
	GL-III	GL-III/B	497,13	Brynica	Szabelnia	5	483,0
Górna Wisła	K07	K07/AB	944,78	Łęg	Kępie Zaleszczańskie	5	822,0
	K10	K10/F	259,99	Opatówka	Dwikozy	4	256,0
Środkowa Wisła	Z-08a	Z-08a/B	333,33	Mienia	Emów	4	263,3
	Z-12	Z-12/FG	2166,05	Omulew	Czarnotrzew	4	1534,9
		Z-12/I	1321,53	Orzyc	Krasnosielc	2	1268,0
Dolna Wisła	G-3	G-3/C	773,42	Wel	Kuligi	8	764,0
	G-10	G-10/BC	1166,31	Osa	Rogóźno	2	1135,0

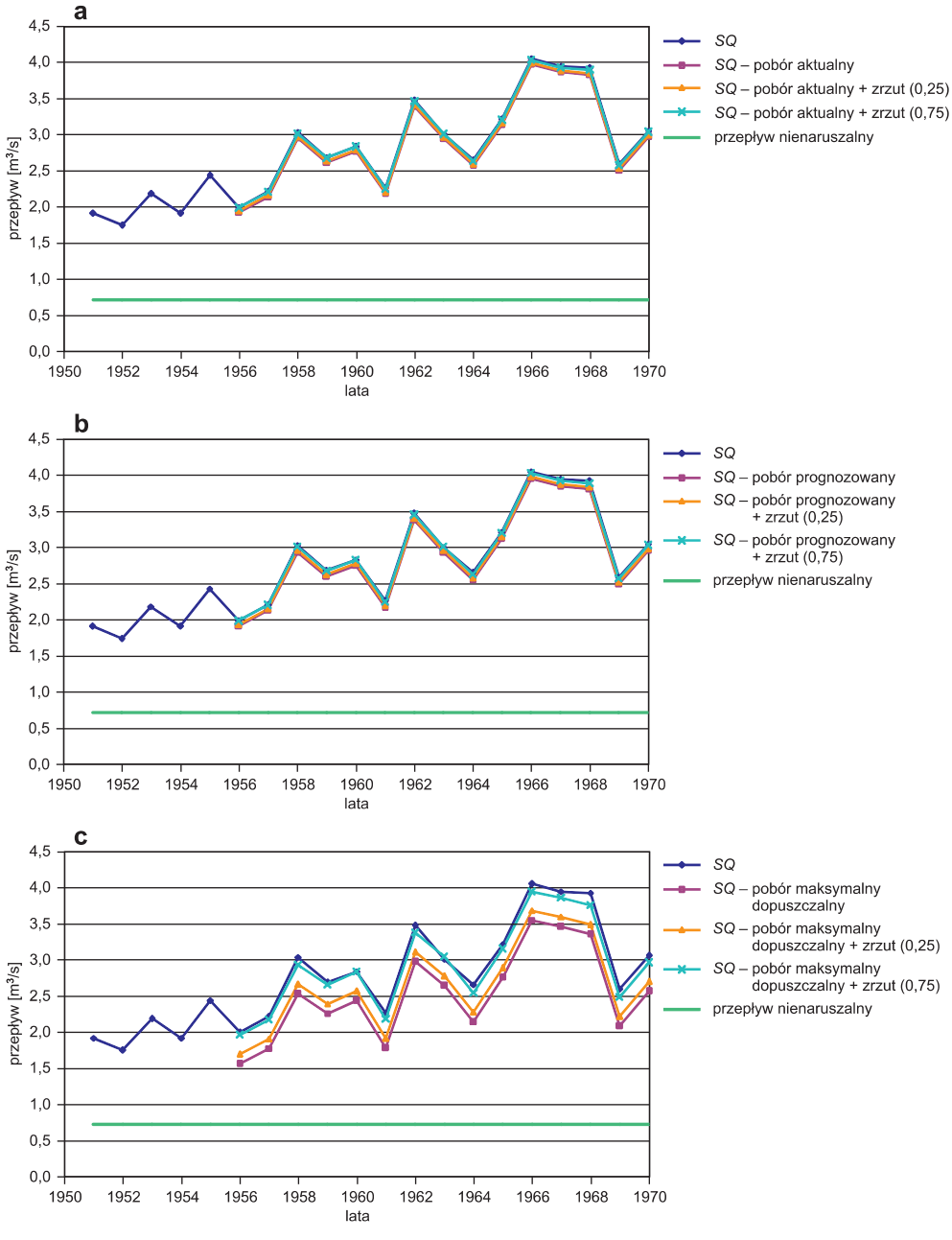


Fig. 13. Wpływ zagospodarowania zasobów wód podziemnych (poboru i zrzutu ścieków) na średni roczny przepływ rzeczny (*SQ*); rzeka Gostynia – wodowskaz Bojszowy

a – pobór aktualny, **b** – pobór prognozowany, **c** – pobór maksymalny dopuszczalny

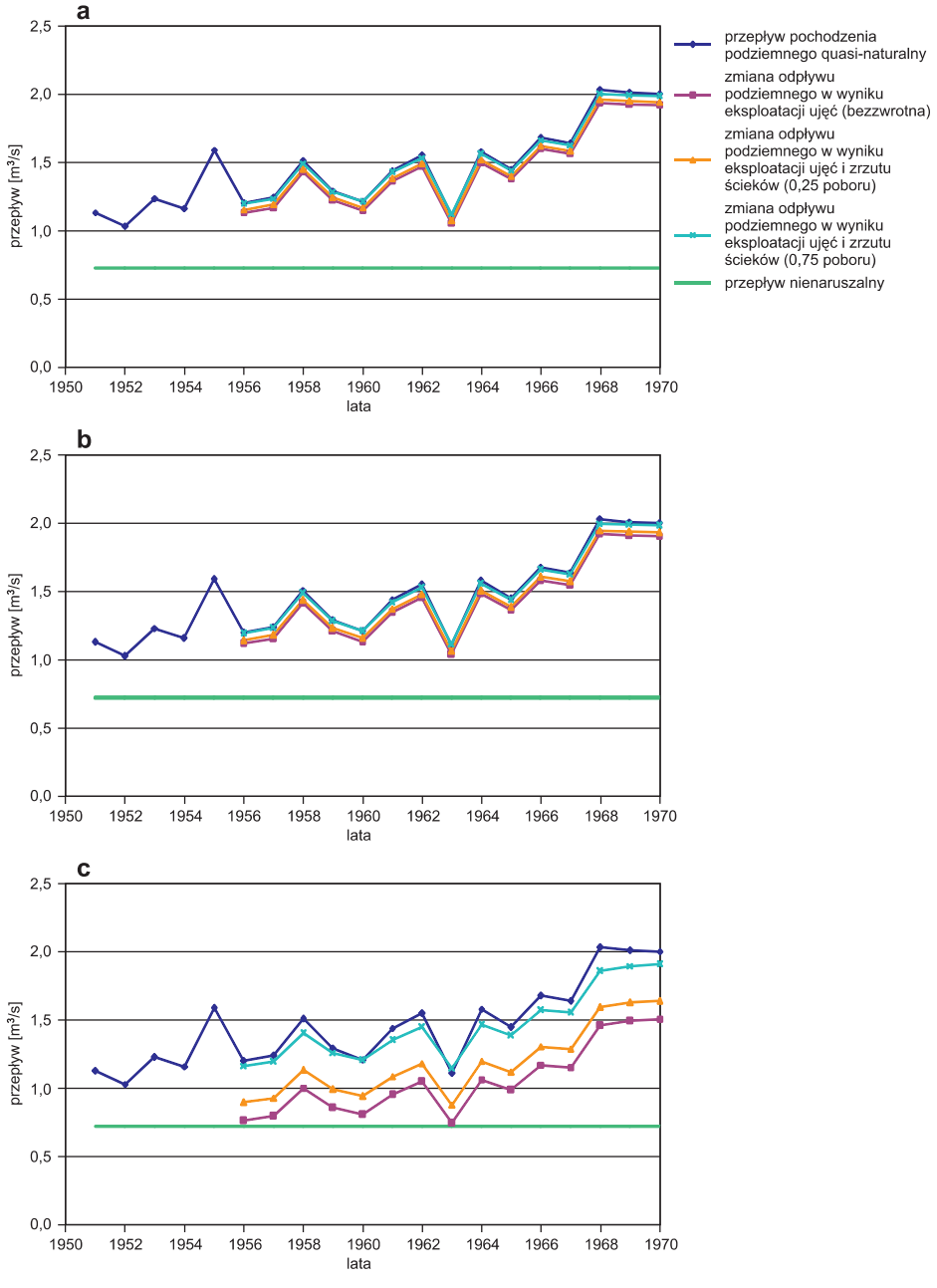


Fig. 14. Wpływ poboru i zrzutu ścieków na przepływ pochodzenia podziemnego (*QG*); rzeka Gostynia – wodowskaz Bojszowy

a – pobór aktualny, **b** – pobór prognozowany, **c** – pobór maksymalny dopuszczalny

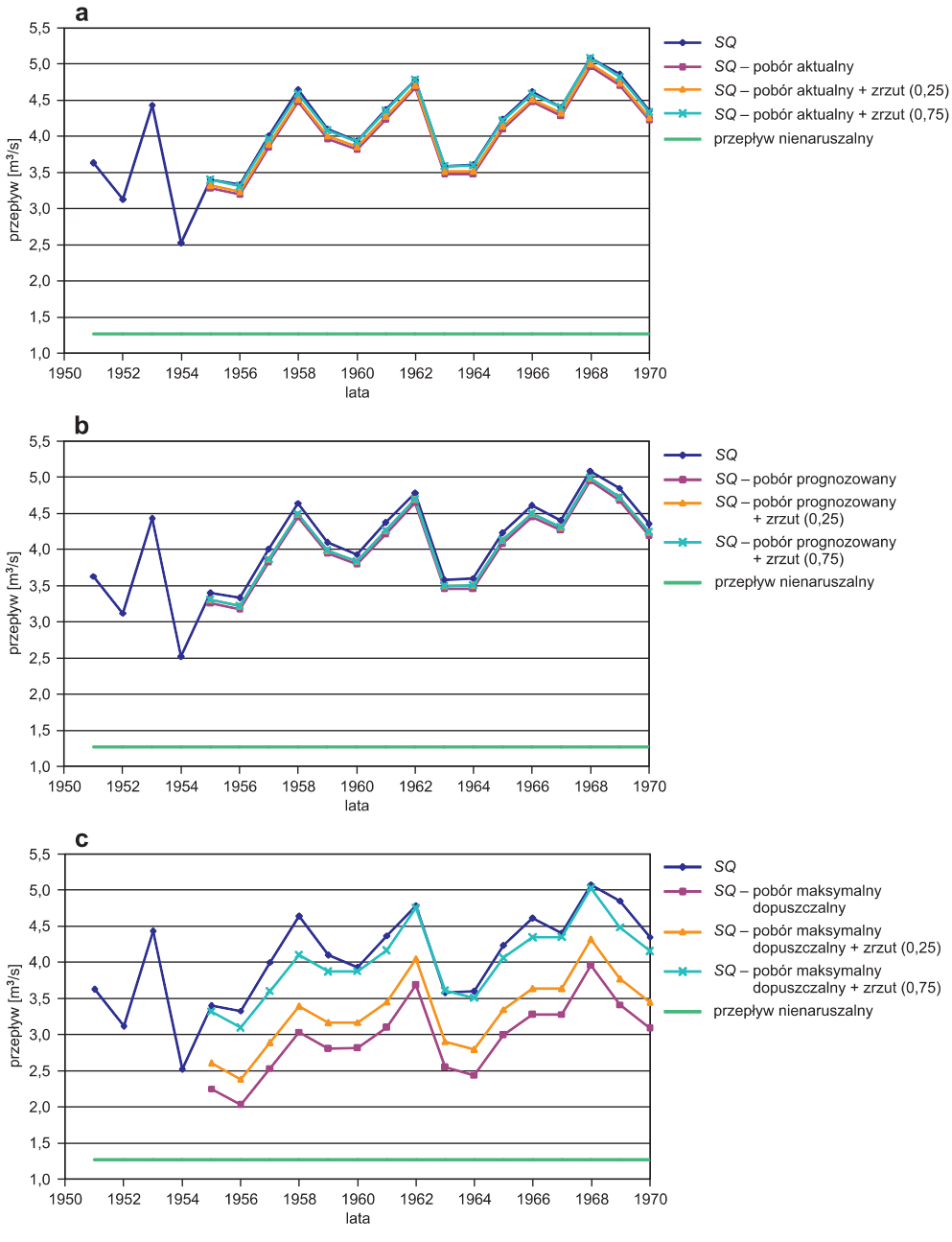


Fig. 15. Wpływ zagospodarowania zasobów wód podziemnych (poboru i zrzutu ścieków) na średni roczny przepływ rzeczny (*SQ*); rzeka Brynica – wodowskaz Szabelnia

a – pobór aktualny, **b** – pobór prognozowany, **c** – pobór maksymalny dopuszczalny

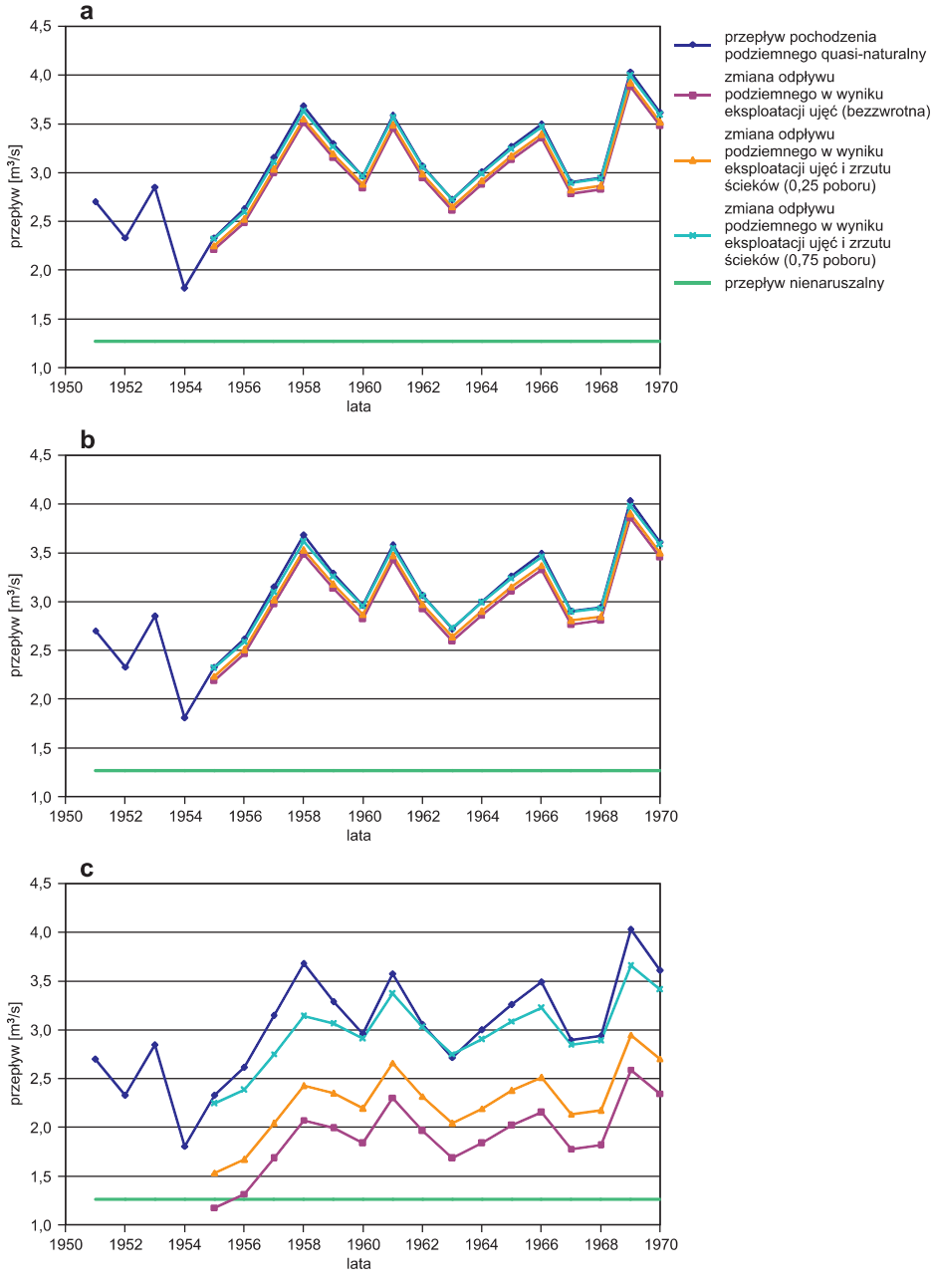


Fig. 16. Wpływ poboru i zrzutu ścieków na przepływ pochodzenia podziemnego (*QG*); rzeka Brynica – wodowskaz Szabelnia

a – pobór aktualny, **b** – pobór prognozowany, **c** – pobór maksymalny dopuszczalny

w zlewniach reprezentatywnych jest również nieznaczny (fig. 14a, b; 16a, b), natomiast w przypadku bezzwrotnego poboru w wysokości maksymalnego dopuszczalnego, średni roczny przepływ Gostyni obniży się do wartości przepływu nienaruszalnego (fig. 14c), zaś przepływ Brynicy może spaść poniżej przepływu nienaruszalnego (fig. 16c). Zagrożenie to nie występuje już przy 25% zwrocie pobranych wód do sytemu hydrograficznego.

Wyniki obliczeń bilansowych przeprowadzonych w analizowanych zlewniach wykazują dużą wrażliwość przepływów rzecznych utrzymywanych z zasilania podziemnego na stopień zwrotu zużytych wód do systemu hydrograficznego zlewni, zwłaszcza w warunkach ich kształtowania przez pobór równy zasobom gwarantowanym *ZDGw* (fig. 14c, 16c).

6.2. Region wodny Górnej Wisły

W regionie wodnym Górnej Wisły możliwe do zagospodarowania zasoby wód podziemnych piętra czwartorzędowego, paleogeńsko-neogeńskiego, paleogeńsko-neogeńsko-kredowego (fliszowego), kredowego, triasowego oraz lokalnie nierozdzielonego kompleksu poziomów czwartorzędowo-paleogeńsko-neogeńsko-jurajsko-permsko-dewońskich (Q–Pg–Ng–J–P–D), zostały określone łącznie w ilości 4716 tys. m^3/d, w tym zasoby dyspozycyjne wód podziemnych ustalono w łącznej ilości 936,5 tys. m^3/d, zaś zasoby perspektywiczne w dotychczas nieudokumentowanych obszarach bilansowych zostały oszacowane w łącznej ilości 3779,6 tys. m^3/d (tab. 10).

Najbardziej zasobne użytkowe poziomy wodonośne występują w osadach dolin rzecznych, struktur kopalnych i osadach wodnolodowcowych czwartorzędowego piętra wodonośnego, w spękanych wapieniach i dolomitach jurajskiego i dewońskiego piętra wodonośnego oraz spękanych wapieniach i marglach piętra kredowego. W obszarze Karpat fliszowych, pod względem zasobności istotną rolę odgrywają spękane piaskowce i łupki piętra paleogeńsko-kredowego, choć są znacznie przestrzennie zróżnicowane pod względem wydajności potencjalnej studzien.

Zasoby gwarantowane wód podziemnych w regionie wodnym Górnej Wisły w obszarze działalności RZGW w Krakowie o powierzchni 43 110,28 km^2 zostały określone na 49,55 m^3/s, tj. 4281 tys. m^3/d (tab. 10). Moduł zasobów gwarantowanych zmienia się w przedziale od 30 do 170 $m^3/d \cdot km^2$ przy wartości średniej 98 $m^3/d \cdot km^2$.

Gwarantowane zasoby wód podziemnych dostępne do zagospodarowania *ZDGw*, obliczone zgodnie z przyjętą metodyką, są niższe od zasobów dyspozycyjnych i zasobów perspektywicznych w blisko 70% rejonów wodnogospodarczych (fig. 17). W części rejonów wodnogospodarczych oszacowane zasoby gwarantowane znacznie odbiegają od zasobów dyspozycyjnych (lub perspektywicznych – zależnie od stopnia rozpoznania zasobów w poszczególnych obszarach bilansowych i rejonach wodnogospodarczych), co jest konsekwencją zarówno istoty tych zasobów oraz przyjętych uproszczeń metodycznych (wynikających m.in. z doboru zlewni analogowych), jak i niesynchroniczności okresów wieloletnich, będących podstawą ustalania wszystkich rodzajów zasobów.

W zlewniach bilansowych z przewagą głównego użytkowego poziomu wodonośnego o zwierciadle swobodnym, zasoby gwarantowane są wyraźnie niższe od zasobów dyspozycyjnych (lub perspektywicznych), co jest odzwierciedleniem zależności tych zasobów i dynamiki odpływu podziemnego od bezpośredniego zasilania wód podziemnych infiltracją opadów

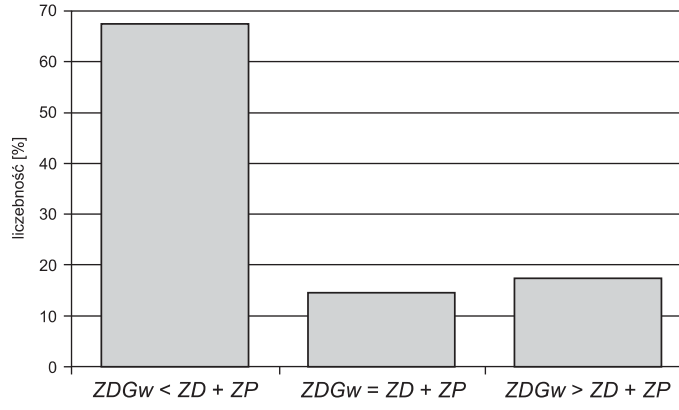


Fig. 17. Rozkład wielkości zasobów gwarantowanych (*ZDGw*) w stosunku do zasobów dyspozycyjnych i/lub perspektywicznych (*ZD+ZP*) w rejonach wodnogospodarczych regionu wodnego Górnej Wisły

atmosferycznych i od drenażu przez rzeki, uwzględnionego w zastosowanej metodyce obliczeń zasobów gwarantowanych *ZDGw*.

Obliczenia prowadzone dla zlewni wielopoziomowych z przewagą głównego użytkowego poziomu wodonośnego o zwierciadle naporowym i znacznym stopniu izolacji od powierzchni terenu, dają wyniki zróżnicowane pod względem wzajemnych relacji pomiędzy zasobami gwarantowanymi i dyspozycyjnymi (lub perspektywicznymi) ze względu na odmienne założenia metodyczne obliczeń zasobów w przypadku części zlewni oraz na zróżnicowaną rolę płytkich i głębokich poziomów wodonośnych w układzie krążenia wód w zlewni. Izolowany i głęboki główny użytkowy poziom wodonośny jest w takich zlewniach eksploatowany ujęciami studziennymi, zaś płytkie poziomy wodonośne pozostające w bezpośrednim związku z wodami powierzchniowymi i wrażliwe na zmienność warunków hydrologicznych – decydują o dynamice odpływu podziemnego do rzek i w ten sposób kształtują wielkość zasobów gwarantowanych.

Pobory aktualne – rzeczywiste wód podziemnych w regionie wodnym Górnej Wisły wynoszą 4,92 m^3/s (425,4 tys. m^3/d). Stopień wykorzystania zasobów gwarantowanych *ZDGw* w rejonach wodnogospodarczych jest bardzo zróżnicowany i mieści się najczęściej w granicach od kilku do 50–60%, przy średniej rzędu 10%. Przeważa bardzo niski (do 15%) i niski (15–30%) stopień aktualnego wykorzystania zasobów, kształtując względny stan rezerw zasobów w tych rejonach jako bardzo wysoki i wysoki (fig. 18, 19, 20a).

Prognozowane na rok 2030 wykorzystanie wód podziemnych (ustalone ze wskaźnikiem zwiększającym o 15% aktualne pobory) oszacowano na 5,66 m^3/s (489,2 tys. m^3/d). Analiza bilansowa rejonów wodnogospodarczych wykazała, że przeważa bardzo niski (do 15%) i niski (15–30%) stopień prognozowanego wykorzystania zasobów gwarantowanych *ZDGw* (fig. 20b), kwalifikując względny stan prognozowanych rezerw jako bardzo wysoki i wysoki (tab. 4). Najniższe pobory wód, poniżej 100 m^3/d stwierdzono w rejonach K01/F, G, I, M; K03/O; K04/D, Na, Nb; K06/E, I; K07/D, K08/Z i K10/E.

Dwa rejony wodnogospodarcze (K03/E, K05/E) przy aktualnym poborze wykazują zagrożenie deficytem zasobów gwarantowanych *ZDGw* i wymagają optymalizacji rozrządu

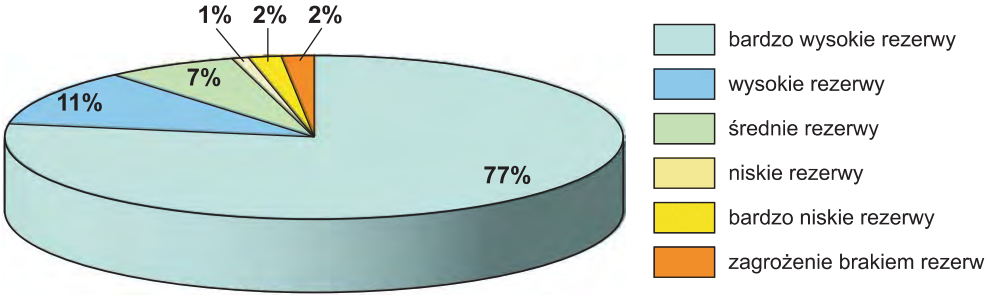


Fig. 18. Struktura aktualnego wykorzystania zasobów dostępnych do zagospodarowania dyspozycyjnych i/lub perspektywicznych w rejonach wodnogospodarczych w regionie wodnym Górnej Wisły

zasobów wód podziemnych. Pozostałe rejony wodnogospodarcze regionu wodnego Górnej Wisły posiadają dobry stan ilościowy, a ich rezerwy zasobowe są wystarczające dla pokrycia zapotrzebowania aktualnego i prognozowanego.

Największe względne rezerwy gwarantowanych zasobów wód podziemnych dostępnych do zagospodarowania *ZDGw* występują w obszarach bilansowych K08 (San), K05 (Wisła od Dunajca do Wisłoki) i K06 (Wisłoka) – tab. 10.

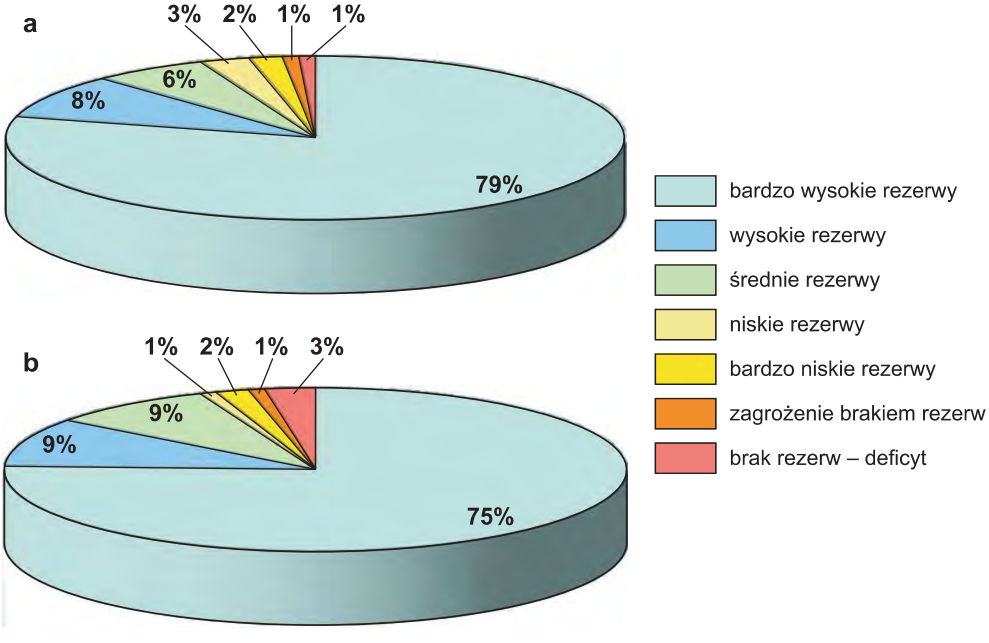


Fig. 19. Struktura aktualnego (a) i prognozowanego (b) wykorzystania dostępnych do zagospodarowania zasobów gwarantowanych w rejonach wodnogospodarczych w regionie wodnym Górnej Wisły

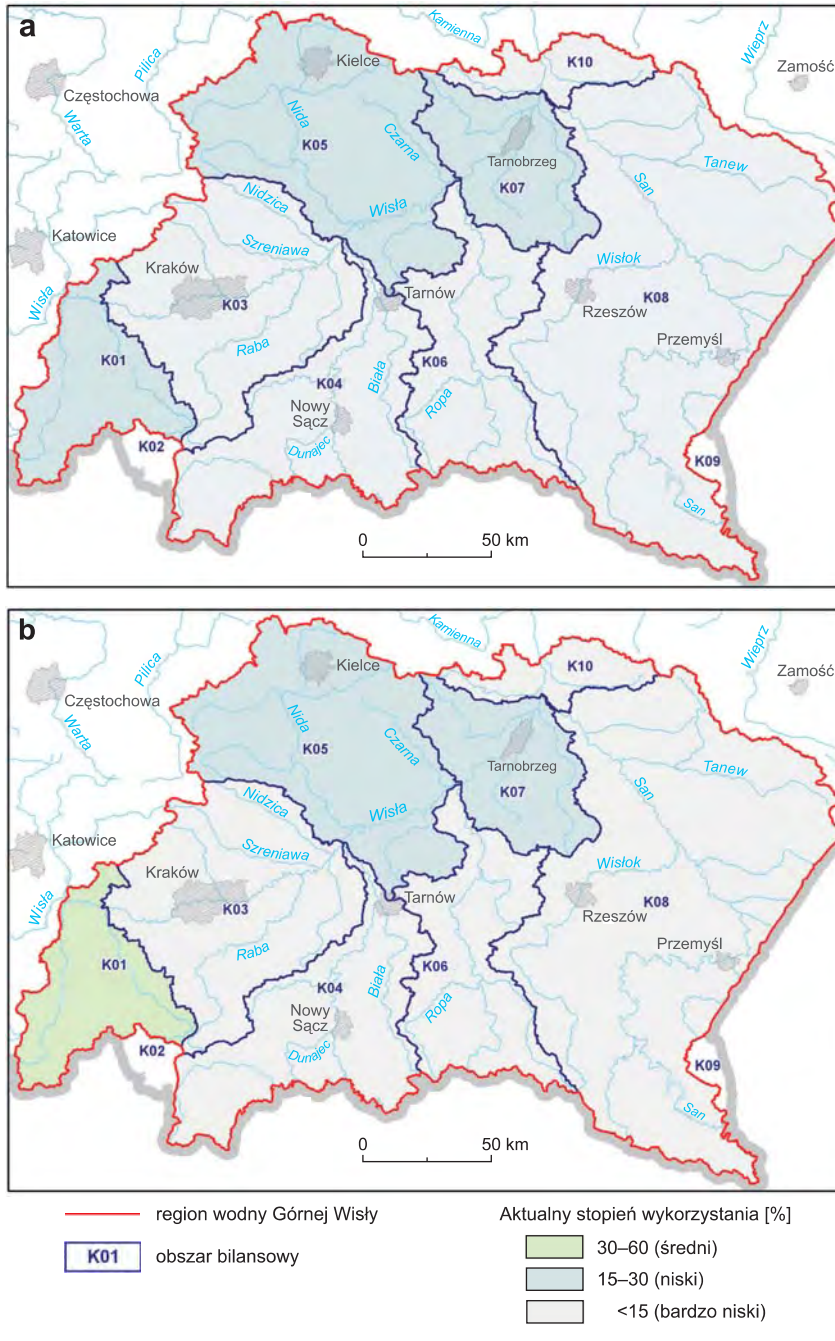


Fig. 20. Stopień wykorzystania zasobów gwarantowanych wód podziemnych w obszarach bilansowych regionu wodnego Górnej Wisły

a – aktualny, **b** – prognozowany

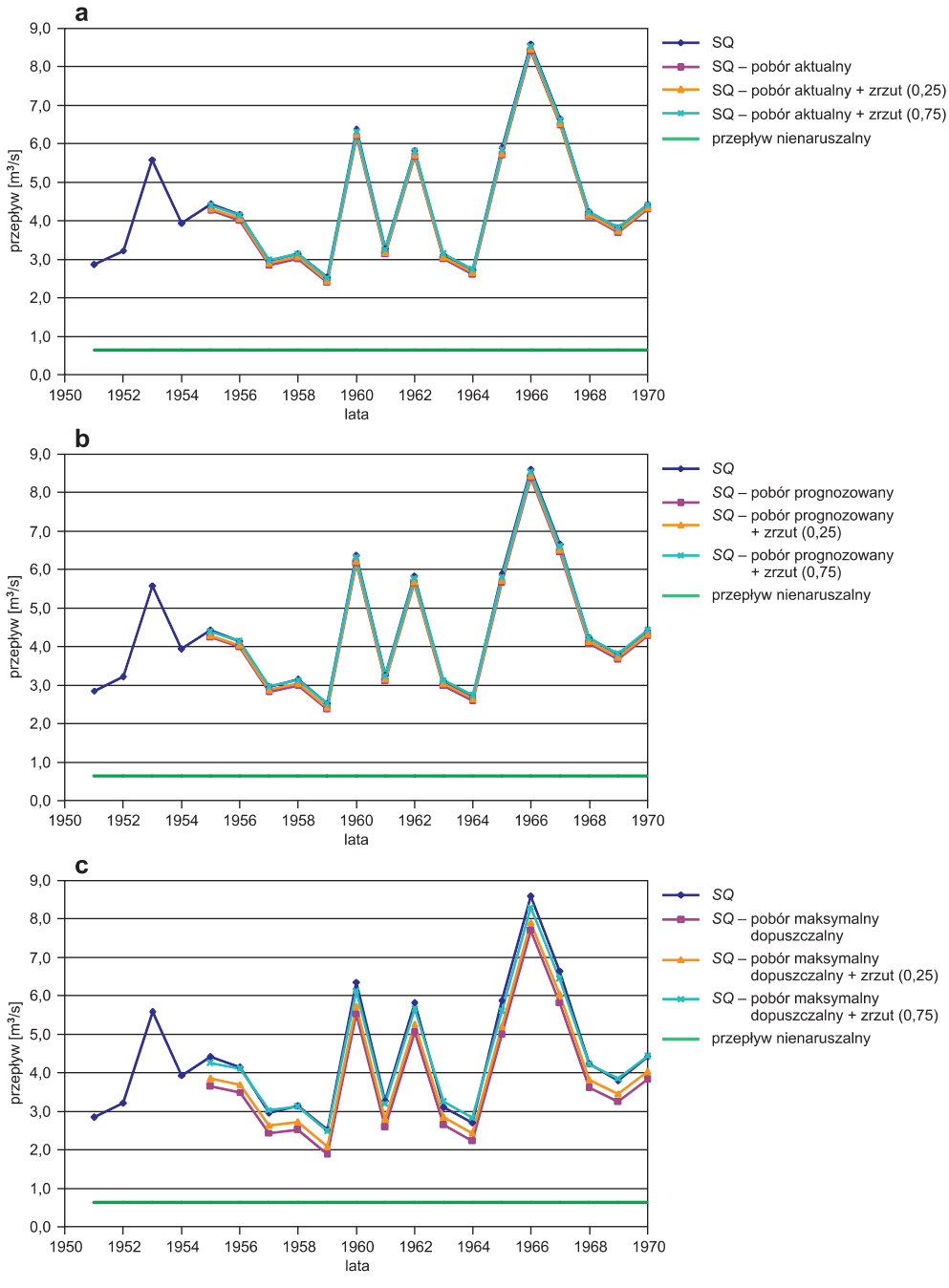


Fig. 21. Wpływ zagospodarowania zasobów wód podziemnych (poboru i zrzutu ścieków) na średni roczny przepływ rzeczny (*SQ*); rzeka Łęg – wodowskaz Kępie Zaleszańskie

a – pobór aktualny, **b** – pobór prognozowany, **c** – pobór maksymalny dopuszczalny

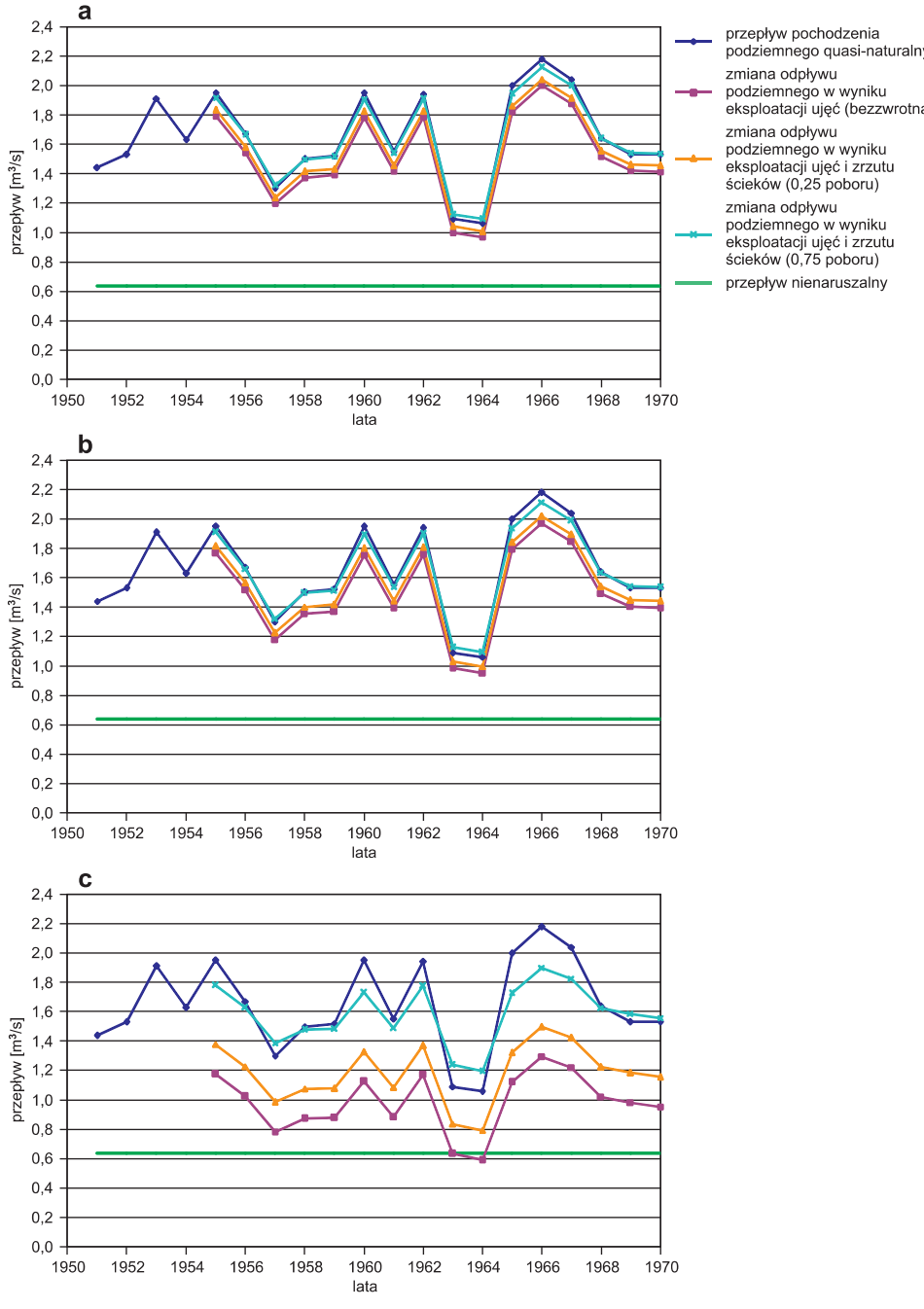


Fig. 22. Wpływ poboru i zrzutu ścieków na przepływ pochodzenia podziemnego (*QG*); rzeka Łęg – wodowskaz Kępie Zaleszańskie

a – pobór aktualny, **b** – pobór prognozowany, **c** – pobór maksymalny dopuszczalny

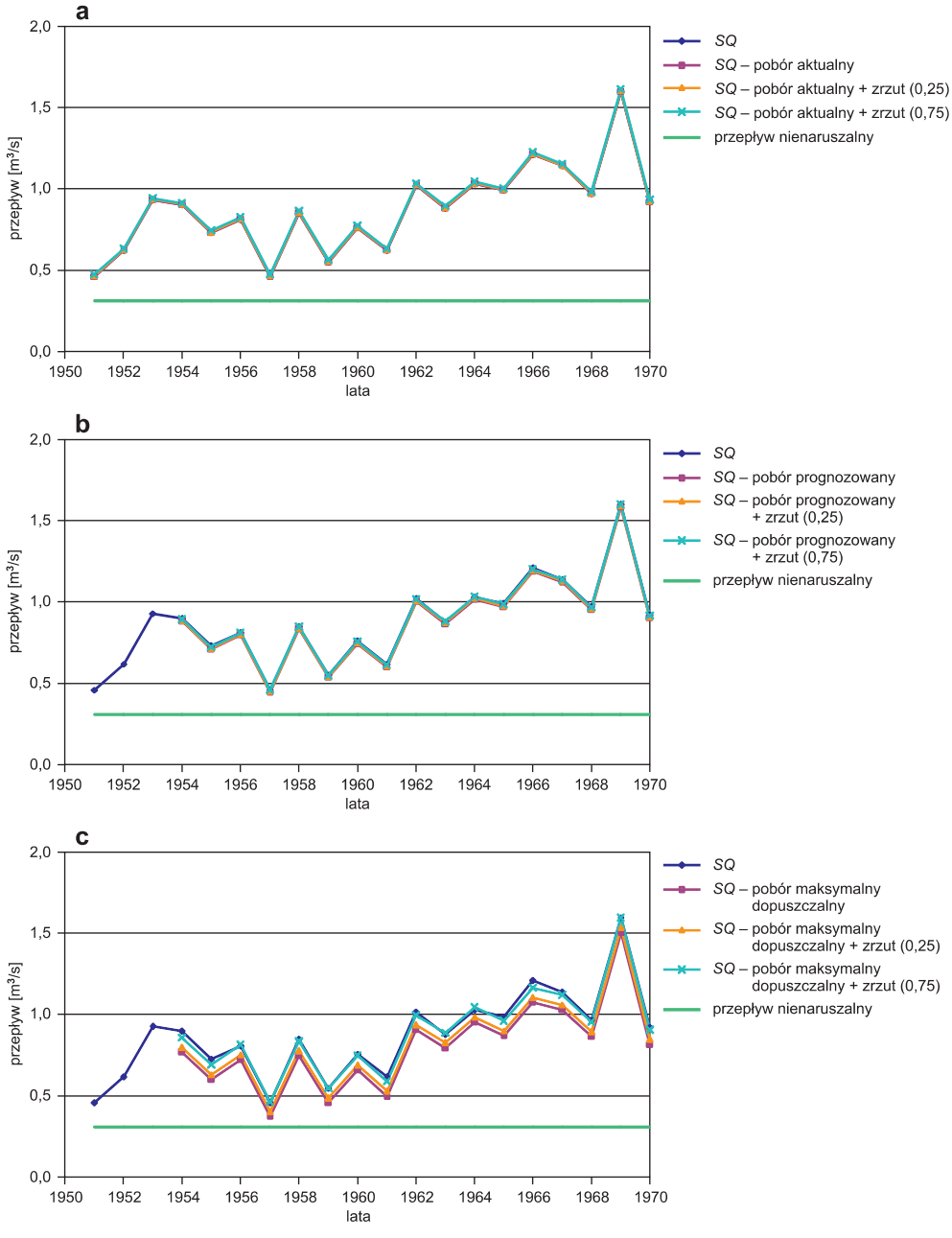


Fig. 23. Wpływ zagospodarowania zasobów wód podziemnych (poboru i zrzutu ścieków) na średni roczny przepływ rzeczny (*SQ*); rzeka Opatówka – wodowskaz Dwikozy

a – pobór aktualny, **b** – pobór prognozowany, **c** – pobór maksymalny dopuszczalny

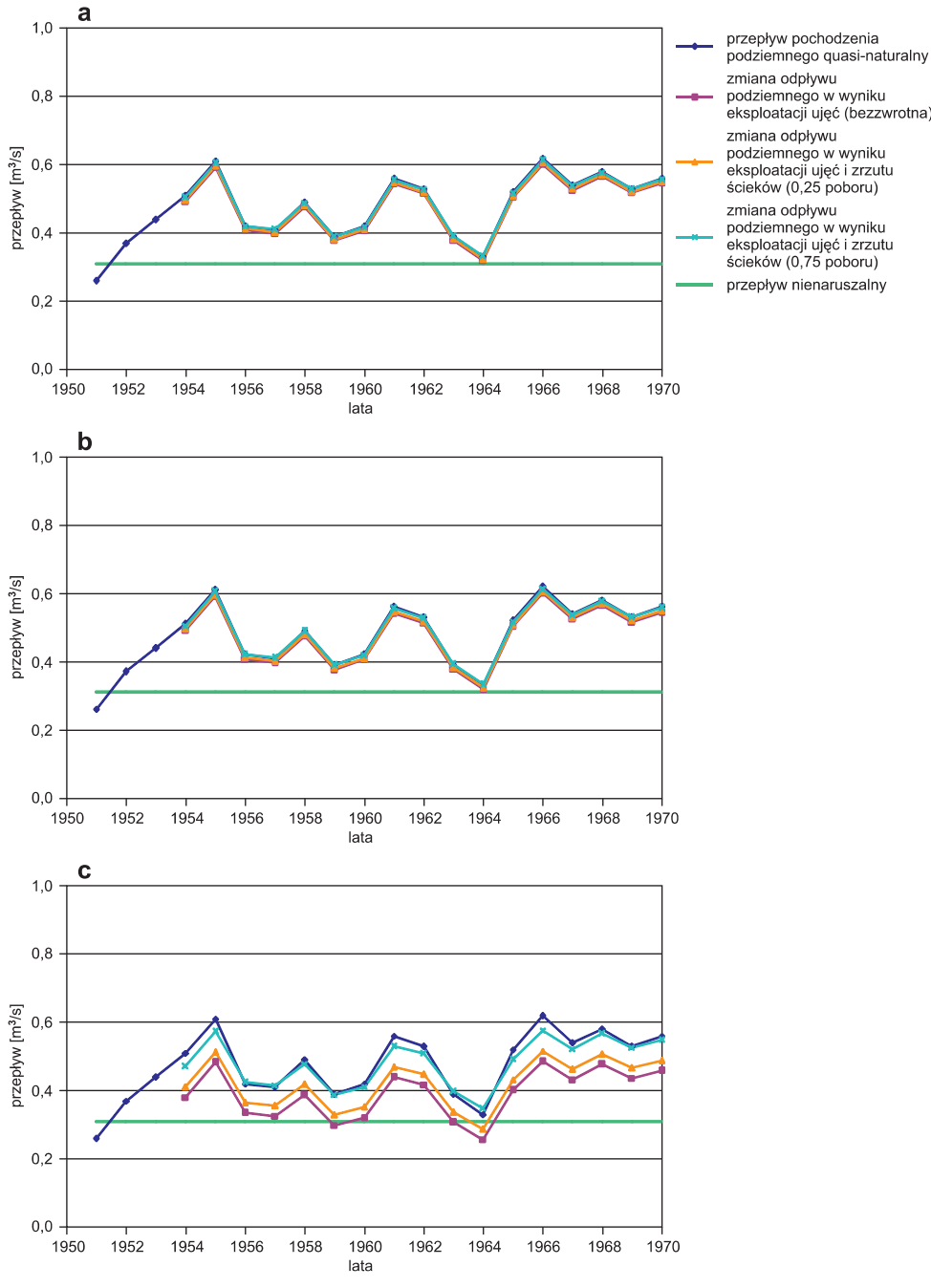


Fig. 24. Wpływ poboru i zrzutu ścieków na przepływ pochodzenia podziemnego (*QG*); rzeka Opatówka – wodowskaz Dwikozy

a – pobór aktualny, **b** – pobór prognozowany, **c** – pobór maksymalny dopuszczalny

Wpływ zagospodarowania wód podziemnych na wody powierzchniowe przedstawiono na przykładzie zlewni rzek Łęg i Opatówka, reprezentatywnych dla przeprowadzenia analizy bilansowej w sąsiednich rejonach wodnogospodarczych (tab. 9). O doborze zlewni decydowała dostępność danych wodowskazowych niezbędnych dla ustalenia wartości przepływów średnich rocznych *SQ* i średnich rocznych przepływów z zasilania podziemnego *QG* w okresie 20-lecia 1951–1970.

Zlewnia rzeki Łęg po przekrój wodowskazowy Kępie Zaleszańskie, o inercji hydrodynamicznej systemu wodonośnego określonej na *CI* = 5 lat, jest reprezentatywna dla bloku rejonów wodnogospodarczych K07/A, B, C, D, E, F w obszarze bilansowym K07 (Wisła od Wisłoki do Sanu). Zamieszczone wykresy (fig. 21, 22) ilustrują wpływ poboru aktualnego, prognozowanego i maksymalnego dopuszczalnego, ustalony z uwzględnieniem użytkowania bezzwrotnego, częściowo zwrotnego (25%) i w większości zwrotnego (75%) – na średni całkowity przepływ rzeczny (*SQ)* oraz przepływ pochodzenia podziemnego (*QG)* w przekroju wodowskazowym, zamykającym zlewnię.

Gwarantowane zasoby wód podziemnych dostępne dla zagospodarowania *ZDGw* w rejonach wodnogospodarczych K07/A, B oszacowano w wysokości 92,45 tys. m^3/d (1,07 m^3/s). Bilans wodnogospodarczy przeprowadzony dla aktualnego stanu zagospodarowania (9,60 tys. m^3/d) i dla prognozowanego stanu zagospodarowania (11,04 tys. m^3/d) wykazuje rezerwy przekraczające 80 tys. m^3/d.

W zlewni Łęgu pobór wód podziemnych aktualny (fig. 21a) i prognozowany (fig. 21b) w znikomym stopniu wpływa na średni roczny przepływ rzeczny (*SQ*), zaś pobór maksymalny dopuszczalny (w wysokości zasobów gwarantowanych) – w niewielkim stopniu (fig. 21c).

Wpływ poboru aktualnego i prognozowanego na średni roczny przepływ pochodzenia podziemnego (*QG*) jest nieznaczny (fig. 22a, b), niezależnie od stopnia zwrotu pobranych wód do systemu hydrograficznego zlewni. Natomiast bezzwrotny pobór maksymalny dopuszczalny obniża przepływ rzeczny o około 0,5 m^3/s, co może spowodować spadek średniego rocznego przepływu rzecznego pochodzenia podziemnego poniżej wartości przepływu nienaruszalnego w dwu kolejnych latach posusznych (fig. 22c). Należy jednak zauważyć, że przy założeniu częściowego zwrotu poborów do systemu hydrograficznego większego niż 10%, przepływ nienaruszalny zostaje zachowany, zaś przy zwrocie 75% przepływ średni roczny w latach posusznych wzrasta o ok. 0,2 m^3/s powyżej wartości quasi-naturalnej.

Zlewnia Opatówki jest przykładem zlewni o średniej inercji hydrodynamicznej systemu wodonośnego określonej na 4 lata. Została uznana za reprezentatywną w obszarze bilansowym K10 (zlewnia Wisły od Sanu do Sanny).

Gwarantowane zasoby wód podziemnych dostępne dla zagospodarowania w rejonie wodnogospodarczym K10/F oszacowano w wysokości 10,4 tys. m^3/d (0,12 m^3/s). Bilans wodnogospodarczy przeprowadzony dla aktualnego stanu zagospodarowania (2,6 tys. m^3/d) oraz dla prognozowanego stanu zagospodarowania (2,9 tys. m^3/d) wykazuje rezerwy przekraczające 7 tys. m^3/d.

Pobór wód podziemnych aktualny i prognozowany w niewielkim stopniu wpływa na średni roczny przepływ rzeczny (*SQ*) (fig. 23a, b); również pobór maksymalny dopuszczalny w wysokości gwarantowanych zasobów wód podziemnych nie spowoduje spadku przepływu średniego rocznego całkowitego poniżej wartości przepływu nienaruszalnego (fig. 23c).

Wpływ poboru aktualnego i prognozowanego na przepływy średnie roczne pochodzenia podziemnego jest nieznaczny (fig. 24a, b). W przypadku bezzwrotnego poboru maksymalnego

dopuszczalnego (także poboru zwrotnego w stopniu nie przekraczającym 25%), zredukowany średnioroczny przepływ rzeczny pochodzenia podziemnego może spaść poniżej przepływu nienaruszalnego w latach posusznych (fig. 24c); oznacza to, że w okresie niżówek sezonowych przepływ nienaruszalny nie będzie mógł być utrzymany przez zasilanie podziemne rzek. Sytuacja taka nie wystąpi w warunkach zwrotu do rzek przeważającej części pobranych wód podziemnych.

Wynik oceny wpływu poboru wód podziemnych na przepływ wód powierzchniowych zarówno w zlewni Łęgu, jak i Opatowki wykazuje znaczną zależność stanu rzek od stopnia zwrotu zużytych wód podziemnych do systemu hydrograficznego, zwłaszcza w zakresie przepływów niskich utrzymywanych z zasilania podziemnego.

6.3. Region wodny Środkowej Wisły

Możliwe do zagospodarowania zasoby wód podziemnych w regionie wodnym Środkowej Wisły w obszarze o powierzchni 101 040,30 km^2, administrowanym przez RZGW w Warszawie, zostały określone łącznie w ilości *ZDG* = 10 654,4 tys. m^3/d, tj. 123,3 m^3/s, w tym zasoby dyspozycyjne wód podziemnych ustalono w łącznej ilości *ZD* = 6214, 5 tys. m^3/d zaś zasoby perspektywiczne zostały oszacowane w łącznej ilości *ZP* = 4440 tys. m^3/d (tab. 10).

Gwarantowane zasoby wód podziemnych dostępne do zagospodarowania w regionie wodnym Środkowej Wisły oszacowano w ilości *ZDGw* = 85,95 m^3/s, tj. 7426 tys. m^3/d. Średnia wartość modułu zasobów gwarantowanych wynosi 74 m^3/d · km^2.

Zasoby gwarantowane wód podziemnych *ZDGw*, obliczone zgodnie z przyjętą metodyką, są niższe od zasobów dyspozycyjnych i zasobów perspektywicznych w 75% rejonów wodnogospodarczych regionu wodnego Środkowej Wisły (fig. 25). Zasoby gwarantowane stanowią tu najczęściej 40–80% zasobów dyspozycyjnych (lub perspektywicznych – zależnie od stopnia rozpoznania zasobów w poszczególnych obszarach bilansowych i rejonach wodnogospo-

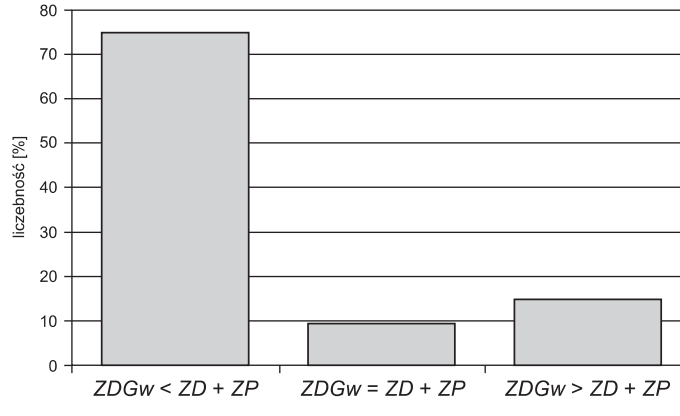


Fig. 25. Rozkład wielkości zasobów gwarantowanych w stosunku do zasobów dyspozycyjnych i/lub perspektywicznych w rejonach wodnogospodarczych regionu wodnego Środkowej Wisły

darczych), średnio o około 75%. W dwóch obszarach bilansowych Z-11 i Z-19 zasoby gwarantowane przewyższają zasoby perspektywiczne, co wynika z przyjętych uproszczeń metodycznych oraz niesynchroniczności okresów wieloletnich, będących podstawą ustalania zasobów gwarantowanych i perspektywicznych.

W obszarze regionu wodnego Środkowej Wisły pobory wód podziemnych aktualne i prognozowane w poszczególnych obszarach bilansowych są znacznie niższe od zasobów gwarantowanych. Pobory aktualne – rzeczywiste wód podziemnych wynoszą w całym regionie 15,07 m^3/s, tj. 1302,2 tys. m^3/d, co stanowi 17,5% zasobów gwarantowanych regionu.

Stopień wykorzystania zasobów gwarantowanych *ZDGw* rozkłada się nierównomiernie (fig. 28). Najmniejsze wykorzystanie zasobów gwarantowanych *ZDGw*, poniżej 10% (tab. 10), występuje w obszarach bilansowych Biebrzy (Z-11), Narwi (Z-12), Wielkich Jezior Mazurskich (Z-13). Najwyższe pobory wód podziemnych – równe lub przekraczające zasoby gwarantowane *ZDGw* – stwierdzono w rejonach wodnogospodarczych położonych w środkowej części zlewni Bzury (Z-18/C, Z-18/H, Z-18/J), w zlewni Bystrzycy (Z-05/G), zlewni rzeki Nurzec (Z-15/B), zlewni dolnej Kurówki (Z-01/G), zbiornika Sulejowskiego (Z-07/J), (tab. 10). Wysoki pobór wód podziemnych w tych rejonach wodnogospodarczych związany jest przede wszystkim z intensywną eksploatacją ujęć miejskich i przemysłowych.

Pomimo intensywnego poboru wód podziemnych w tych rejonach nie obserwowano zaniku przepływu wód powierzchniowych. Taką sytuację należy przypisać złożonym kontaktom hydraulicznym między wgłębnymi poziomami wodonośnymi eksploatowanymi na ujęciach a poziomami przypowierzchniowymi zasilającymi cieki. Ponadto w przepływie tych rzek bierze udział zrzut ścieków powstałych po użyciu pobranych wód podziemnych, istotny dla zasilania rzek, zwłaszcza w okresie niżówek. Pełne wyjaśnienie tego problemu wymaga przeprowadzenia dodatkowych badań hydrogeologicznych oraz obserwacji hydrologicznych w zlewniach zagrożonych deficytem zasobów wodnych.

Prognozowane pobory wód podziemnych w regionie Środkowej Wisły oszacowano na 17,3 m^3/s, tj. niemal 1,5 mln m^3/d, co stanowi 20% zasobów dostępnych do zagospodarowania określonych jako gwarantowane *ZDGw* i 14% ustalonych jako dyspozycyjne *ZD* lub perspektywiczne *ZP* – zależnie od stanu udokumentowania. Największe rezerwy sięgające 90–98% zasobów gwarantowanych *ZDGw* występują w rejonach wodnogospodarczych o niskim aktualnym – rzeczywistym i prognozowanym poborze wód, położonych w północnej i północno-wschodniej części regionu wodnego Środkowej Wisły.

W całym regionie wodnym Środkowej Wisły rezerwy zasobów gwarantowanych wód podziemnych *ZDGw* wynoszą 82,5% w odniesieniu do aktualnego – rzeczywistego poboru wód podziemnych oraz 80% w stosunku do poboru prognozowanego (tab. 10).

Wpływ zagospodarowania wód podziemnych na wody powierzchniowe przedstawiono na przykładzie trzech zlewni (tab. 9): Mieni (fig. 29, 30), Omulwi (fig. 31, 32) i Orzyca (fig. 33, 34).

Zlewnia Mieni po przekrój wodowskazowy Emów leży w rejonie Z-8a/B (zlewnia środkowego Świdra z Mienią) i jest reprezentatywna dla obszaru bilansowego Z-8a (zlewnia Świdra z przyległą zlewnią Wisły od ujścia Wilgi po Kanał Żerański). Inercja hydrodynamiczna systemu wodonośnego zlewni została określona na $CI = 4$ lata. Gwarantowane zasoby wód podziemnych w rejonie wodnogospodarczym Z-8a/B wynoszą *ZDGw* = 37,2 tys. m^3/d (0,43 m^3/s). Bilans wodnogospodarczy przeprowadzony dla aktualnego stanu zagospodarowania wykazuje rezerwy zasobów gwarantowanych przekraczające 25 tys. m^3/d. Pobór wód podziemnych aktualny i prognozowany w niewielkim stopniu wpływa na całkowity średni

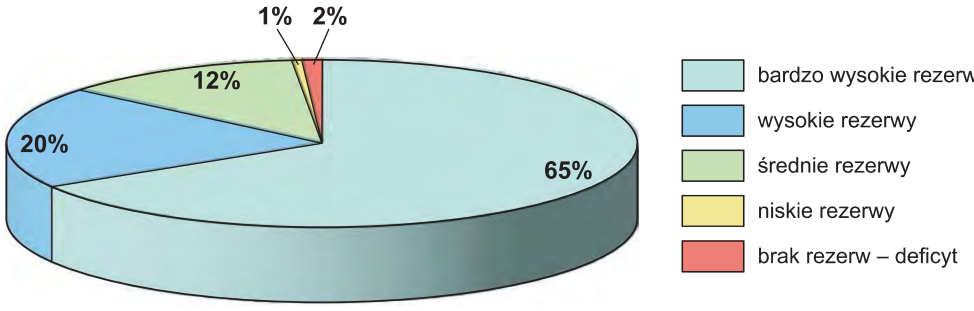


Fig. 26. Struktura aktualnego wykorzystania zasobów dostępnych do zagospodarowania dyspozycyjnych i/lub perspektywicznych w rejonach wodnogospodarczych w regionie wodnym Środkowej Wisły

roczny przepływ rzeczny (*SQ*) (fig. 29a, b) oraz średni roczny przepływ pochodzenia podziemnego (*QG)* (fig. 30a, b). Pobór maksymalny dopuszczalny z ujęć wód podziemnych nie powoduje spadku całkowitego średniego rocznego przepływu rzecznego poniżej wartości przepływu nienaruszalnego (fig. 29c).

Pobór wód podziemnych maksymalny dopuszczalny użytkowany bezzwrotnie będzie skutkował zanikiem przepływu rzeki w okresie głębokich niżówek w latach skrajnie posusznych

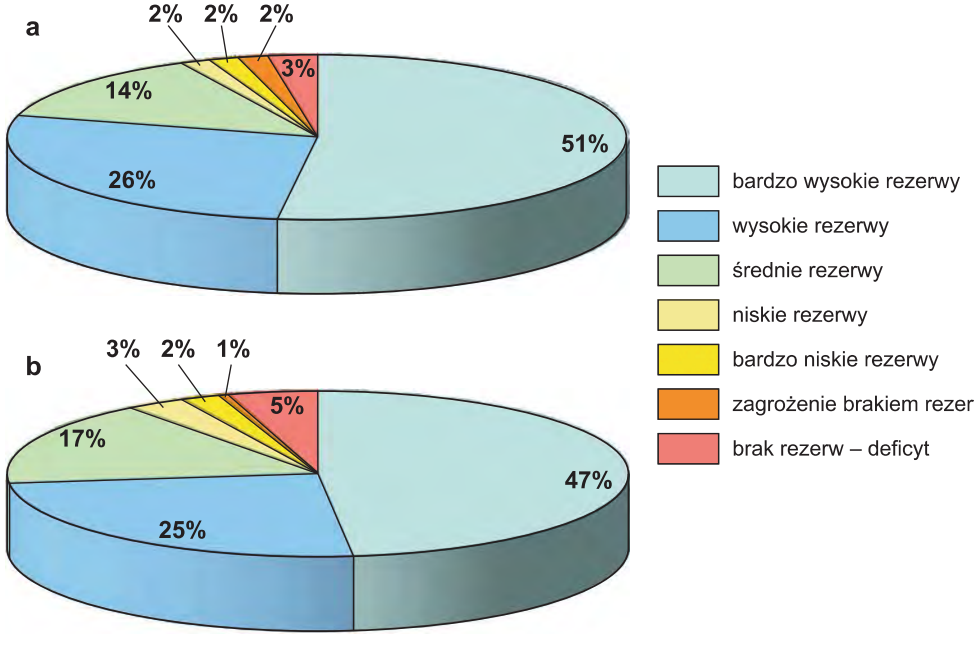


Fig. 27. Struktura aktualnego (a) i prognozowanego (b) wykorzystania zasobów gwarantowanych w rejonach wodnogospodarczych w regionie wodnym Środkowej Wisły

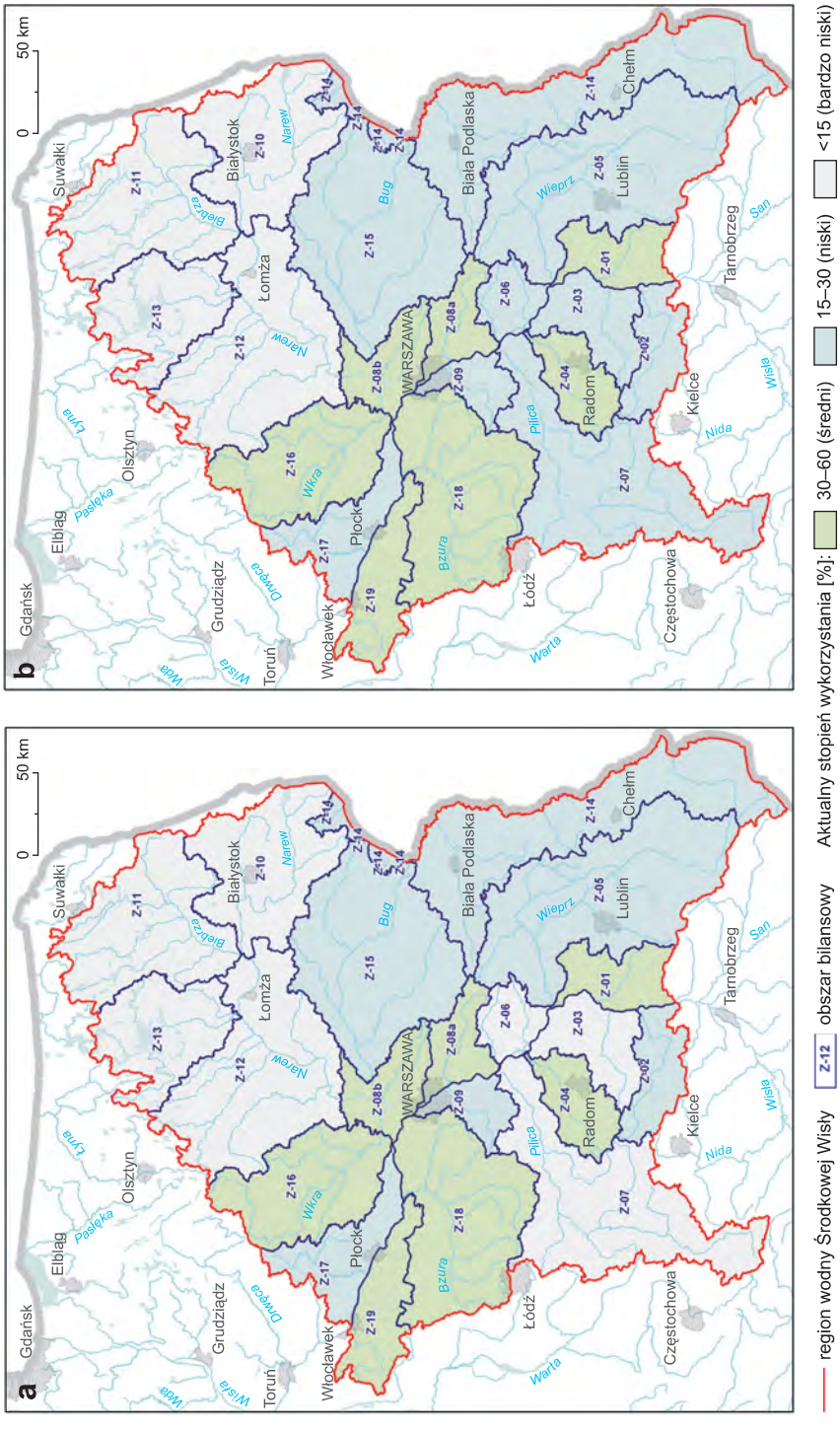


Fig. 28. Stopień wykorzystania zasobów gwarantowanych wód podziemnych w obszarach bilansowych regionu wodnego Środkowej Wisły

a – aktualny, **b** – prognozowany

(1954, 1960, 1964). Jednakże przy założeniu zwrotu ścieków większym od 20–25% wielkości poboru wód podziemnych, zagrożenie to już nie występuje w odniesieniu do wartości średnich rocznych przepływów pochodzących z zasilania podziemnego, zaś przy zwrocie co najmniej 75% pobranych wód – średnie roczne przepływy tak kształtowane będą wyższe od przepływów quasi-naturalnych (fig. 30c).

Zlewnia rzeki Omulew po przekrój wodowskazowy Czarnotrzew jest reprezentatywna dla rejonów wodnogospodarczych Z-12/F i Z-12/G. Inercja hydrodynamiczna systemu wodonośnego zlewni została określona na *CI* = 4 lata na podstawie analizy wieloletniej zmienności średniorocznego odpływu podziemnego. Gwarantowane zasoby wód podziemnych dostępne dla zagospodarowania *ZDGw* w zlewni Omulwi zostały wyznaczone w ilości 383,6 tys. m^3/d (4,44 m^3/s).

Pobór wód podziemnych aktualny – rzeczywisty i prognozowany wynoszący odpowiednio: 6,04 tys. m^3/d (0,07 m^3/s) oraz 6,9 tys. m^3/d (0,08 m^3/s) – w niewielkim stopniu wpływa na całkowity średni roczny przepływ *SQ* Omulwi (fig. 31a, b). Wpływ poboru maksymalnego dopuszczalnego równego zasobom gwarantowanym *ZDGw* na przepływ rzeczny *SQ* jest wyraźny, jednakże nie spowoduje spadku wartości *SQ* poniżej wartości przepływu nienaruszalnego w warunkach poboru bezzwrotnego, zaś w warunkach zwrotu sięgającego 75% pobranych wód – nieznacznie zwiększy przepływ średni roczny w latach skrajnie posusznych (fig. 31c).

Przeprowadzone obliczenia dla wariantu poboru maksymalnego dopuszczalnego oraz użytkowania bezzwrotnego wykazują możliwość znacznego zredukowania przepływu rzecznego pochodzenia podziemnego *QG* poniżej wartości przepływu nienaruszalnego w okresie głębokich niżówek, podobnych do obserwowanych w latach 1963–1964 (fig. 32c)

Analiza wyników obliczeń, przeprowadzonych dla **zlewni Orzyca** po przekrój wodowskazowy w Krasnosielcu, przedstawionych na wykresach (fig. 33, 34), dobrze charakteryzuje kształtowanie się dynamiki odpływu rzecznego oraz stanu rezerw i deficytów bilansowych w warunkach zróżnicowanego stopnia i sposobu zagospodarowania zasobów wód podziemnych w zlewni o małej inercji hydrodynamicznej systemu wodonośnego, wynoszącej *CI* = 2 lata. Zlewnia jest objęta rejonem wodnogospodarczym Z-12/I (Orzyc od źródeł do Krasnosielca) i jest reprezentatywna dla zachodniej części obszaru bilansowego Z-12 (Narew od Biebrzy do Pułtuska z wyłączeniem Wielkich Jezior Mazurskich i zlewni Pisy). Gwarantowane zasoby wód podziemnych dostępne dla zagospodarowania *ZDGw* w rejonie wodnogospodarczym Z-12/I wynoszą *ZDGw* = 60,2 tys. m^3/d, (0,70 m^3/s) i są niższe o 30% od zasobów perspektywicznych *ZP*.

Pobór wód podziemnych aktualny – rzeczywisty i prognozowany w rejonie wodnogospodarczym Z-12/I został określony w wysokości, odpowiednio: 1,2 tys.m^3/d (0,014 m^3/s) oraz 1,4 tys. m^3/d (0,016 m^3/s).

Bilans wodnogospodarczy przeprowadzony dla aktualnego i prognozowanego stanu zagospodarowania wykazuje rezerwy gwarantowanych zasobów wód podziemnych *ZDGw,* przekraczające 50 tys. m^3/d. Pobór wód podziemnych aktualny, prognozowany i maksymalny dopuszczalny z ujęć wód podziemnych tylko w nieznacznym stopniu wpływa na średni roczny przepływ rzeczny *SQ*, nie powodując spadku całkowitego średniego rocznego przepływu rzecznego poniżej wartości przepływu nienaruszalnego (fig. 33). Jedynie w roku skrajnie posusznym (1954) bezzwrotny pobór maksymalny dopuszczalny doprowadza do zrównania wartości całkowitego przepływu średniego rocznego i przepływu nienaruszalnego (fig. 33c).

Przepływ rzeczny pochodzący z zasilania podziemnego w warunkach poboru maksymalnego dopuszczalnego (równego gwarantowanym zasobom wód podziemnych dostępnych dla

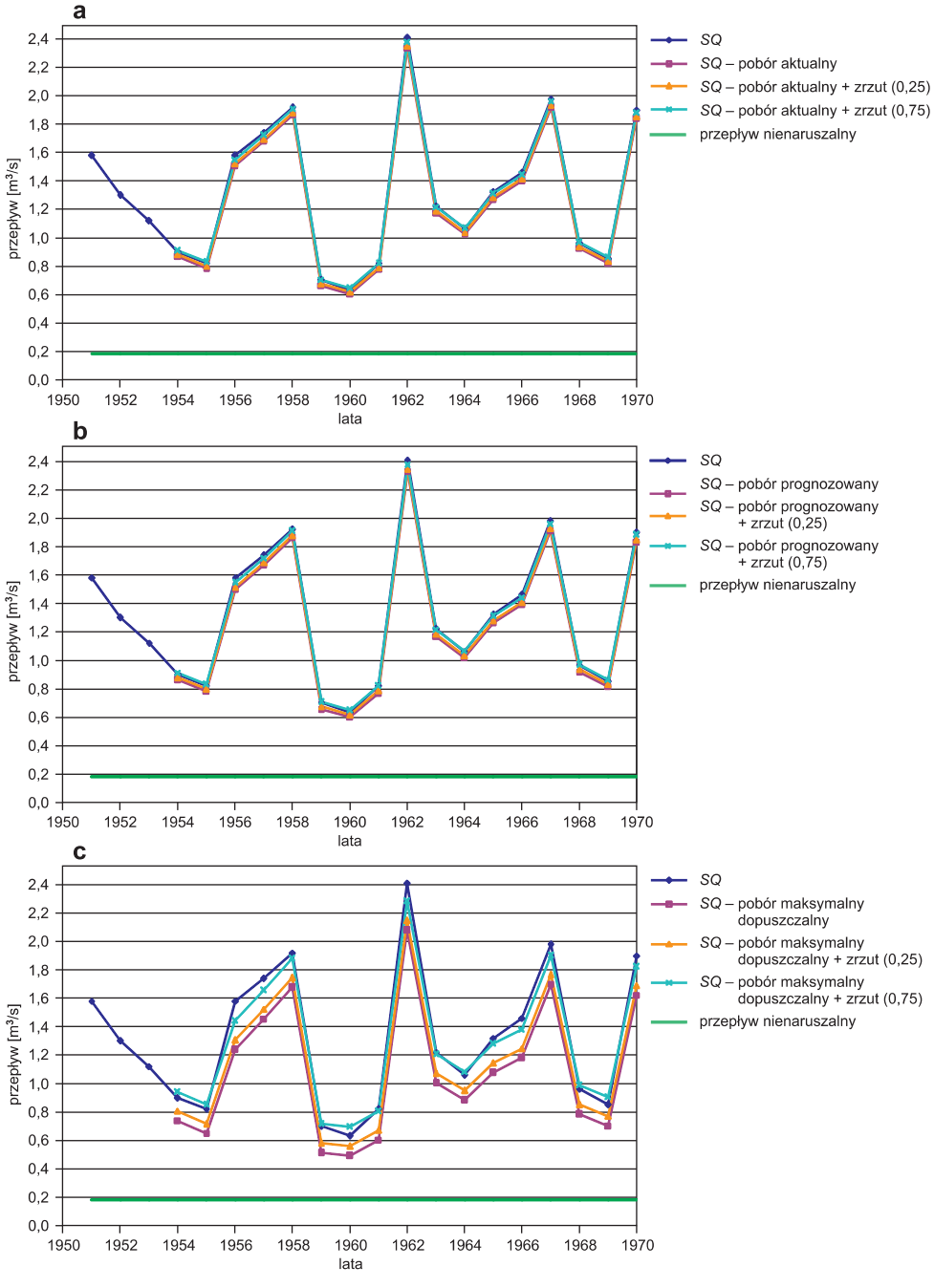


Fig. 29. Wpływ zagospodarowania zasobów wód podziemnych (poboru i zrzutu ścieków) na średni roczny przepływ rzeczny (*SQ*); rzeka Mienia – wodowskaz Emów

a – pobór aktualny, **b** – pobór prognozowany, **c** – pobór maksymalny dopuszczalny

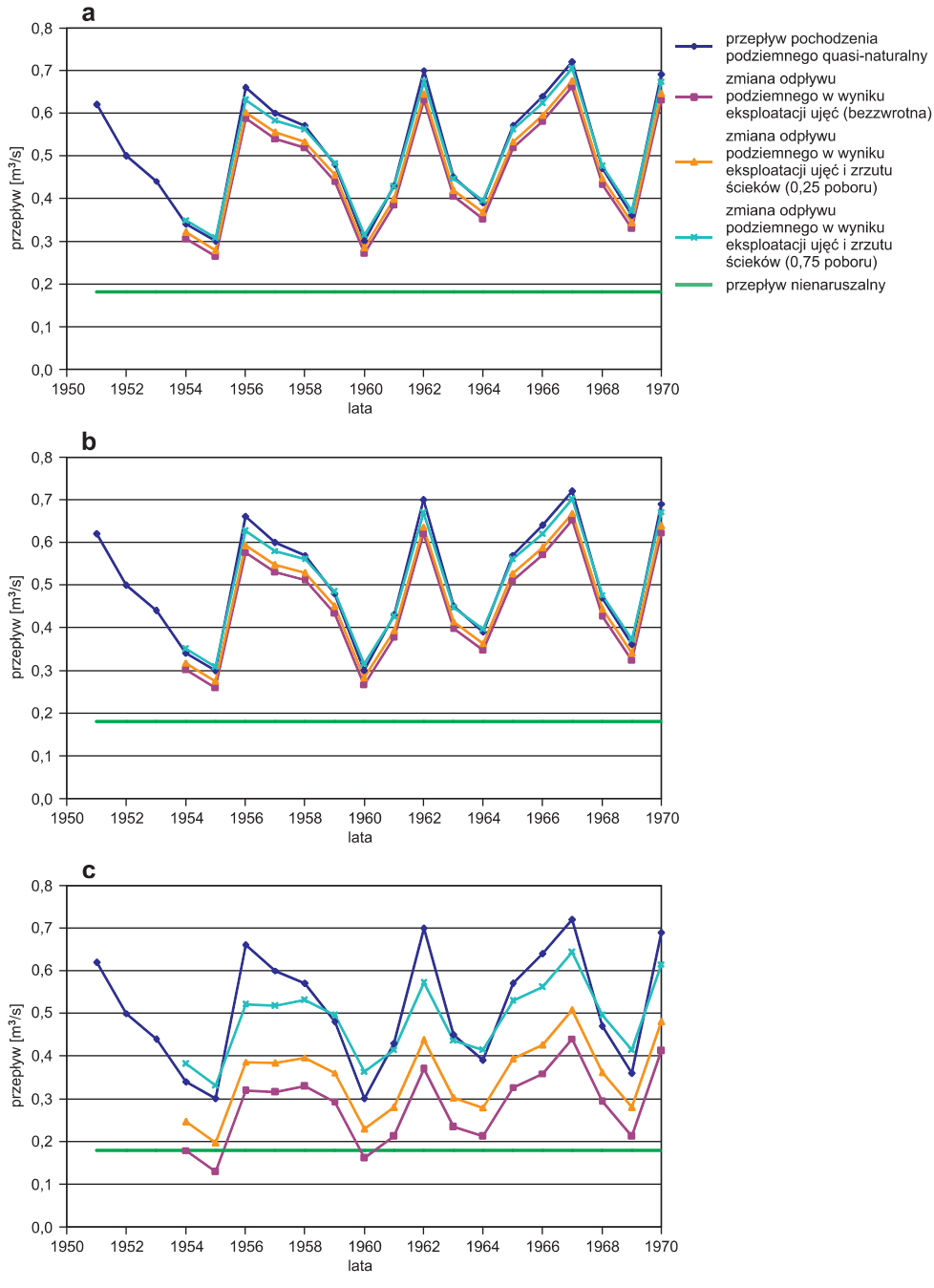


Fig. 30. Wpływ poboru i zrzutu ścieków na przepływ pochodzenia podziemnego (*QG*); rzeka Mienia – wodowskaz Emów

a – pobór aktualny, **b** – pobór prognozowany, **c** – pobór pobór maksymalny dopuszczalny

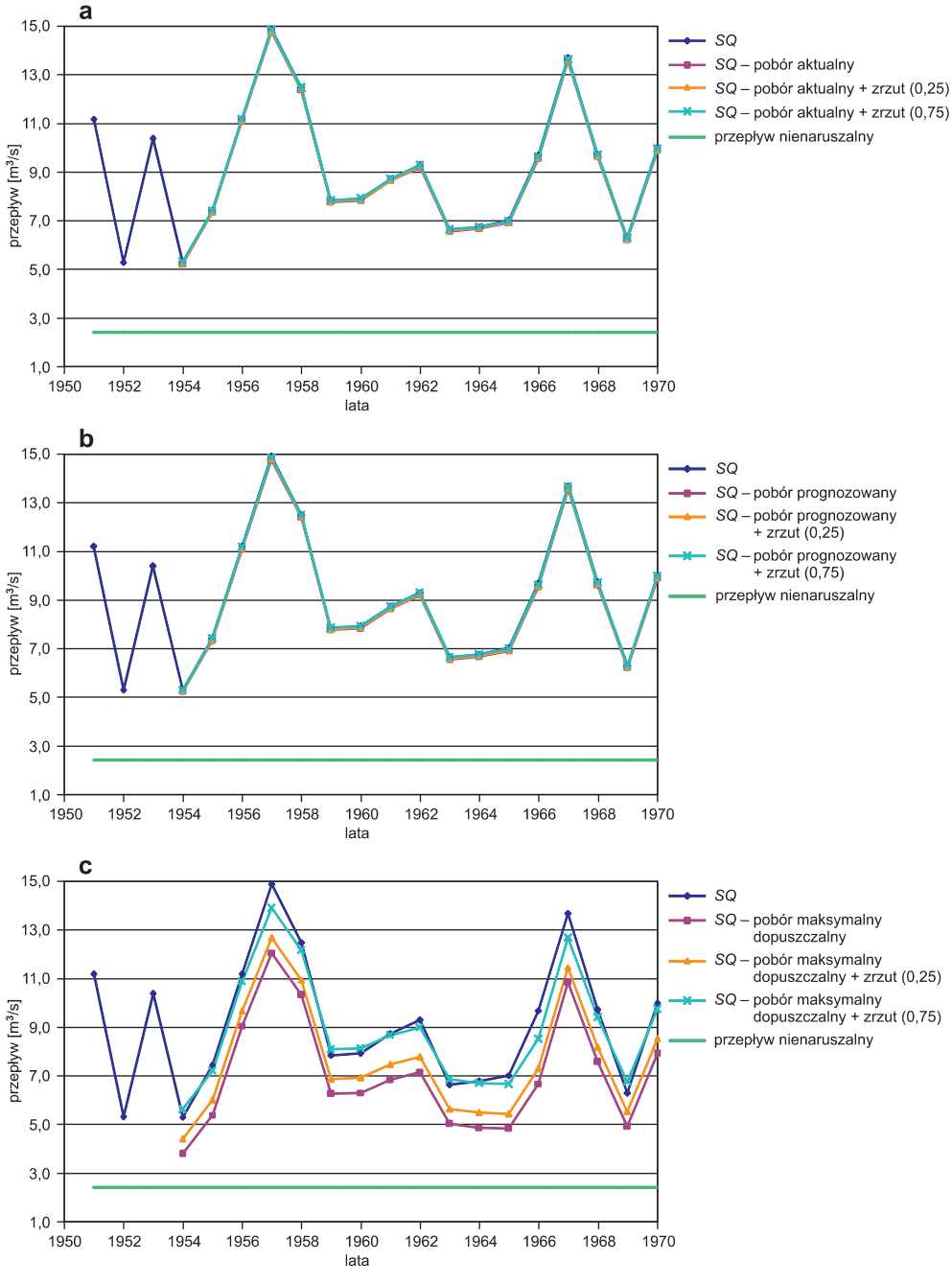


Fig. 31. Wpływ zagospodarowania zasobów wód podziemnych (poboru i zrzutu ścieków) na średni roczny przepływ rzeczny (*SQ*); rzeka Omulew – wodowskaz Czarnotrzew

a –pobór aktualny, **b** – pobór prognozowany, **c** – pobór maksymalny dopuszczalny

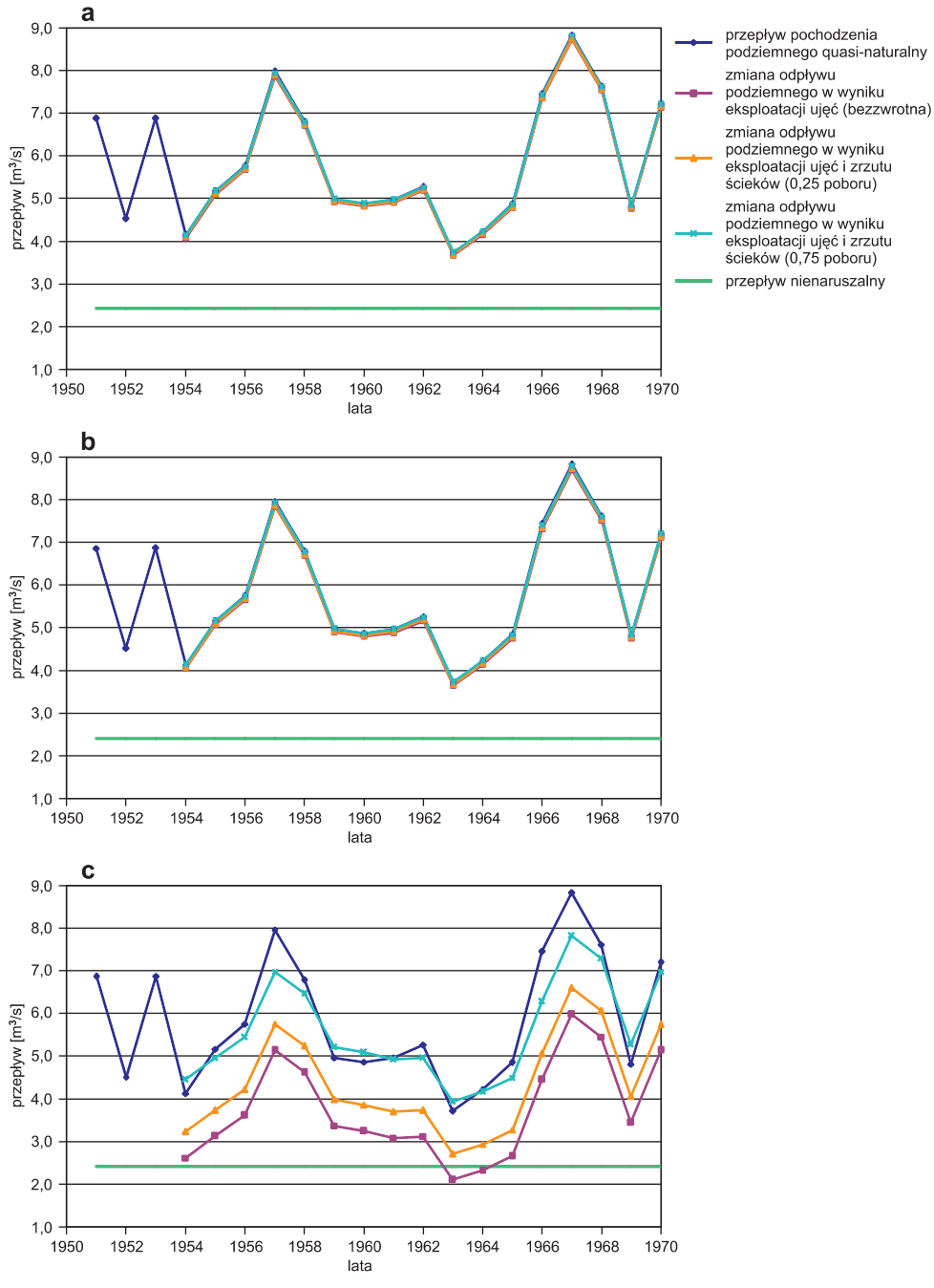


Fig. 32. Wpływ poboru i zrzutu ścieków na przepływ pochodzenia podziemnego (*QG*); rzeka Omulew – wodowskaz Czarnotrzew

a – pobór aktualny, **b** – pobór prognozowany, **c** – pobór maksymalny dopuszczalny

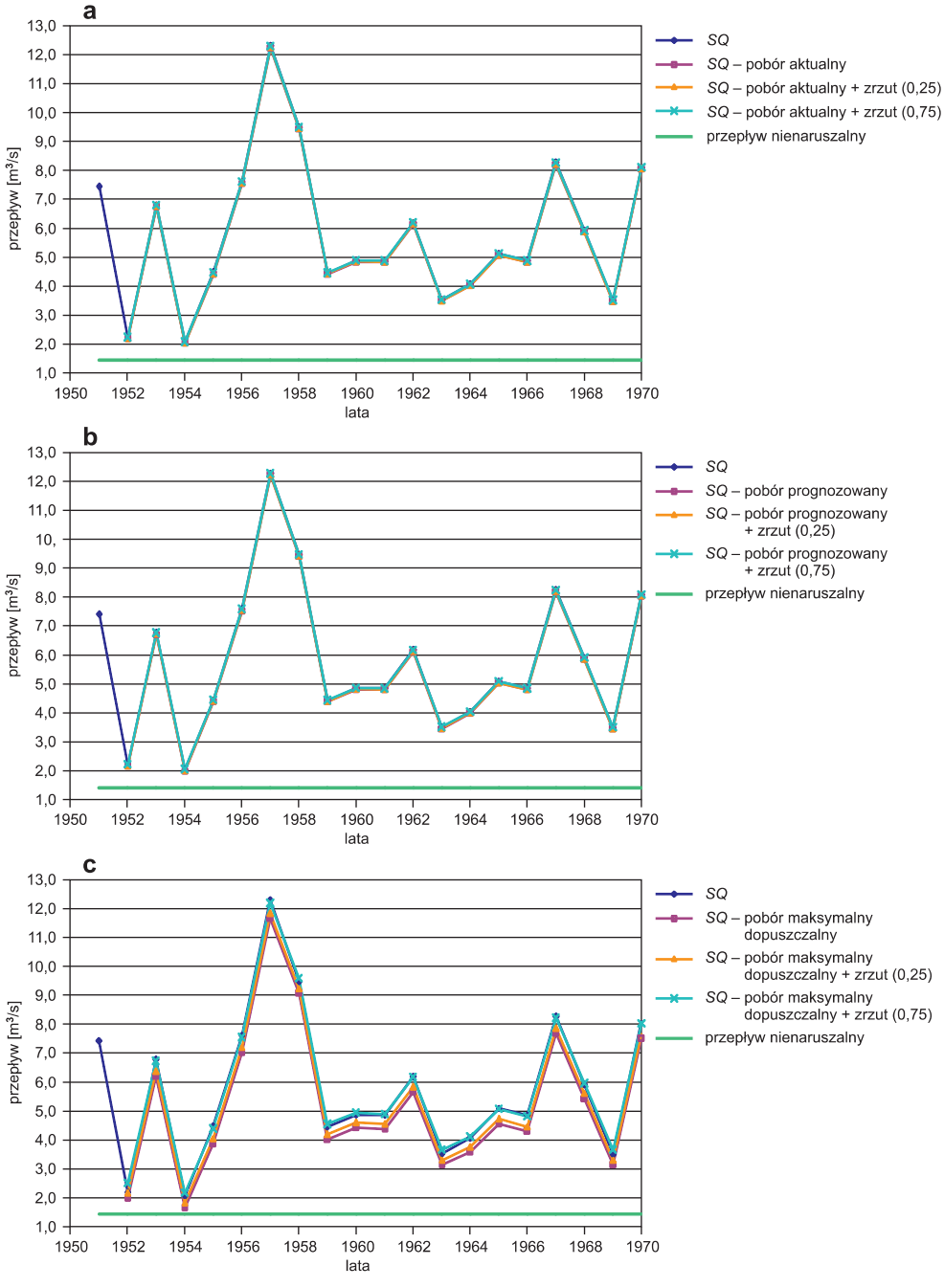


Fig. 33. Wpływ zagospodarowania zasobów wód podziemnych (poboru i zrzutu ścieków) na średni roczny przepływ rzeczny (*SQ*); rzeka Orzyc – wodowskaz Krasnosielc

a – pobór aktualny, **b** – pobór prognozowany, **c** – pobór maksymalny dopuszczalny

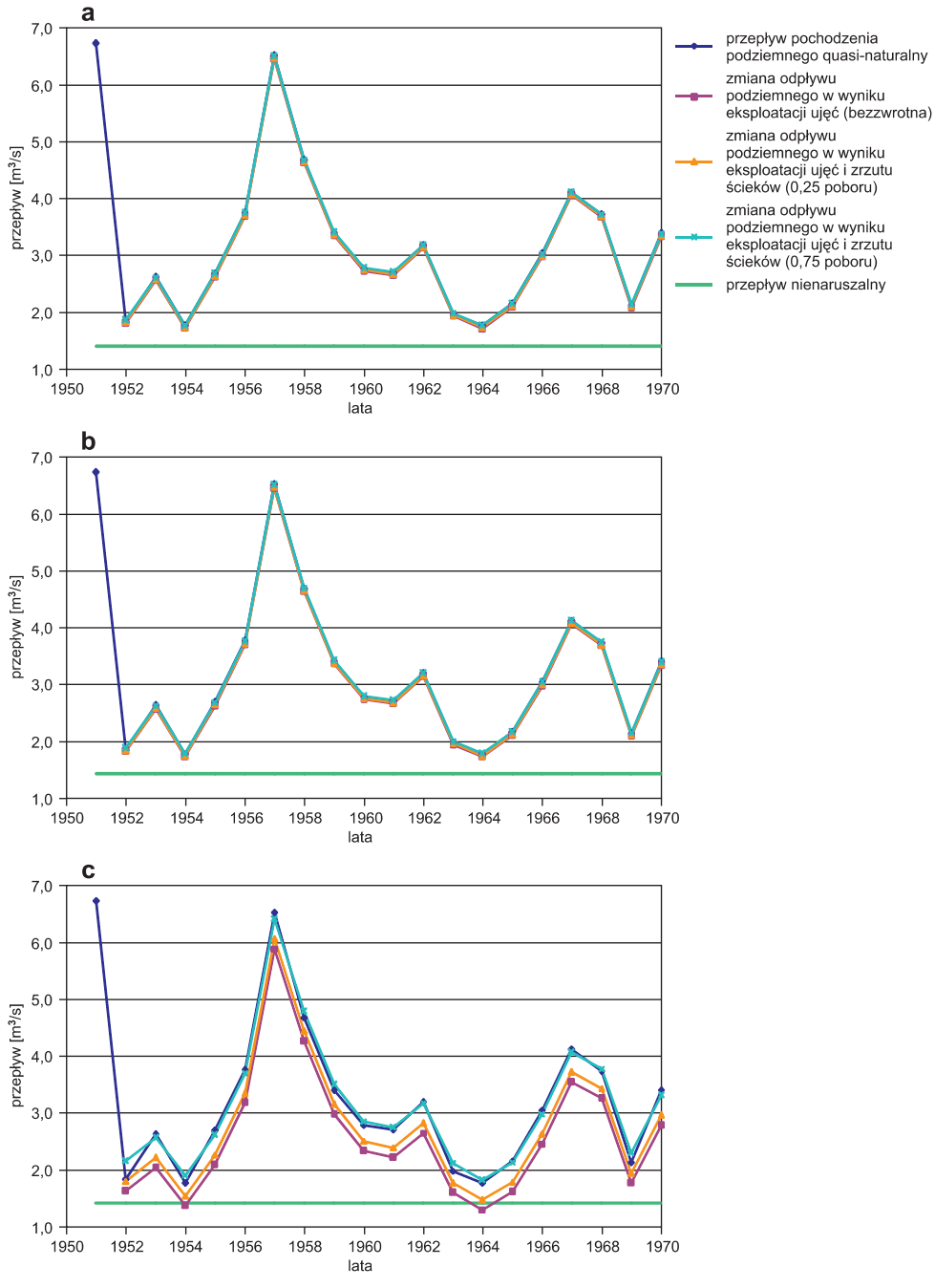


Fig. 34. Wpływ poboru i zrzutu ścieków na przepływ pochodzenia podziemnego (*QG*); rzeka Orzyc – wodowskaz Krasnosielc

a – pobór aktualny, **b** – pobór prognozowany, **c** – pobór maksymalny dopuszczalny

zagospodarowania *ZDGw*) wykazuje dużą wrażliwość na stopień zwrotu zużytych wód podziemnych do systemu hydrograficznego zlewni (fig. 33). Obliczenia przeprowadzone dla wariantu poboru maksymalnego bezzwrotnego w latach skrajnie posusznych (1954, 1964) wykazały redukcję średniorocznego przepływu rzecznego pochodzenia podziemnego poniżej wartości przepływu nienaruszalnego, z możliwością zaniku przepływu w okresie głębokich niżówek letnich. Zagrożenie to nie wystąpi w sytuacji 25% zwrotu poboru, zaś przy zwrocie przekraczającym 75% poboru nastąpi wzrost przepływów średnich rocznych w latach posusznych w stosunku do przepływów quasi-naturalnych (fig. 34c).

6.4. Region wodny Dolnej Wisły

W regionie wodnym Dolnej Wisły o powierzchni 35 084,1 km^2, administrowanym przez RZGW w Gdańsku, zasoby dyspozycyjne wód podziemnych ustalono w łącznej ilości 2335,0 tys. m^3/d, zaś zasoby perspektywiczne – w obszarach bilansowych nie objętych dotychczas udokumentowaniem hydrogeologicznym – określono w wysokości 1593 tys. m^3/d (tab. 10). Zasoby perspektywiczne i dyspozycyjne, stanowiące łącznie zasoby wód podziemnych dostępne do zagospodarowania, wynoszą w regionie wodnym Dolnej Wisły 3928 tys. m^3/d, tj. 45,47 m^3/s (1,43 km^3/r).

Gwarantowane zasoby wód podziemnych możliwe do zagospodarowania *ZDGw*, określono stosując procedurę prowadzenia obliczeń w zlewniach kontrolowanych wodowskazowo i dobierania reprezentatywnych zlewni analogów. Zostały one oszacowane dla regionu wodnego Dolnej Wisły w łącznej ilości 38,54 m^3/s (3330 tys. m^3/d). Średnia wartość modułu zasobów gwarantowanych w regionie Dolnej Wisły wynosi 94 m^3/d · km^2.

Analiza wyników obliczeń przeprowadzonych dla zlewni bilansowych stanowiących rejony wodnogospodarcze pokazuje, że gwarantowane zasoby wód podziemnych dostępne do zagospodarowania *ZDGw* stanowią średnio niecałe 85% (w zakresie zmienności od 55% do blisko

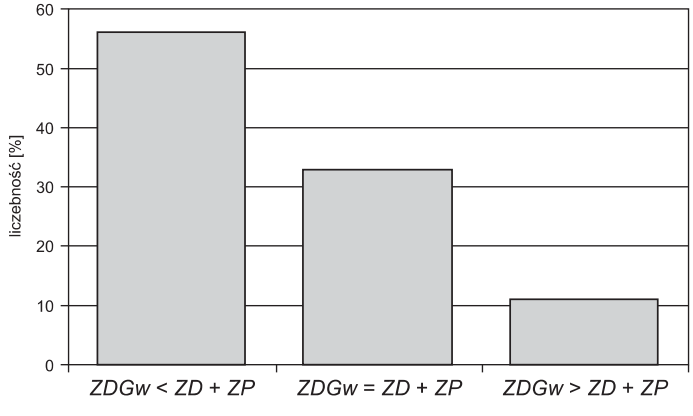


Fig. 35. Rozkład wielkości zasobów gwarantowanych w stosunku do zasobów dyspozycyjnych i/lub perspektywicznych w rejonach wodnogospodarczych regionu wodnego Dolnej Wisły

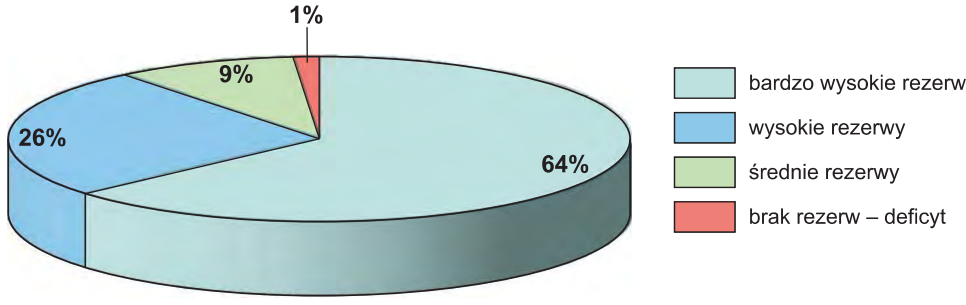


Fig. 36. Struktura aktualnego wykorzystania zasobów dostępnych do zagospodarowania dyspozycyjnych i/lub perspektywicznych w rejonach wodnogospodarczych w regionie wodnym Dolnej Wisły

100%) zasobów dyspozycyjnych i perspektywicznych poszczególnych obszarów bilansowych (fig. 35).

W przypadku zlewni Brdy i Drwęcy (obszary bilansowe G-6 i G-3) wyniki obliczeń wykazały, że zasoby gwarantowane są znacznie wyższe od zasobów dyspozycyjnych. Przyczyną takiej relacji są bardzo niskie zasoby dyspozycyjne ustalone w dokumentacjach hydrogeologicznych z zastosowaniem drastycznych ograniczeń ekologicznych dla dopuszczalnego stopnia

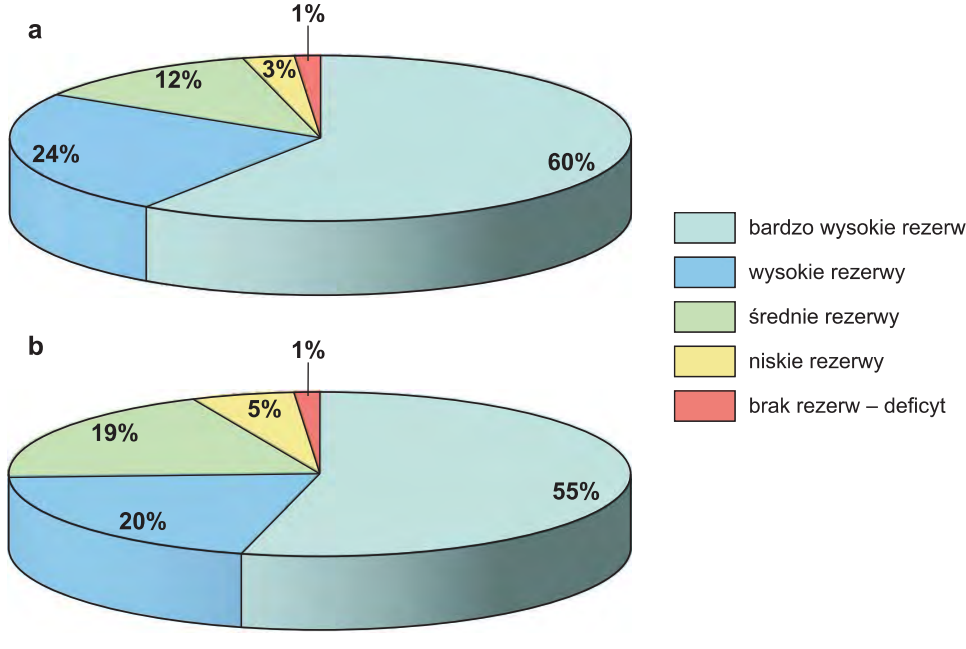


Fig. 37. Struktura aktualnego (a) i prognozowanego (b) wykorzystania dostępnych do zagospodarowania zasobów gwarantowanych w rejonach wodnogospodarczych w regionie wodnym Dolnej Wisły

zagospodarowania zasobów wód podziemnych. W tej sytuacji gwarantowane zasoby wód podziemnych *ZDGw* przyjęto w wysokości zasobów dyspozycyjnych – zgodnie z dokumentacjami zasobowymi.

Pobory aktualne – rzeczywiste wód podziemnych w regionie wodnym Dolnym Wisły wynoszą łącznie 6,53 m^3/s (564 tys. m^3/d), co stanowi 17% zasobów gwarantowanych (tab. 10). Stopień aktualnego wykorzystania zasobów gwarantowanych *ZDGw* w poszczególnych rejonach jest zróżnicowany w zakresie od kilku do ponad 100%, najczęściej około 20% (fig. 37). Najniższe pobory wód (poniżej 100 m^3/d) stwierdzono w rejonach wodnogospodarczych G-15/C, G-17/E.

W całym regionie wodnym Dolnej Wisły rezerwy gwarantowanych zasobów wód podziemnych są znaczne i aktualnie wynoszą 83% tych zasobów, zaś w odniesieniu do poboru prognozowanego są szacowane na blisko 80% (fig. 38a, b).

Dla stref skoncentrowanego poboru z ujęć wód podziemnych – o wysokim stopniu wykorzystania zasobów dostępnych do zagospodarowania – zostały wydzielone odrębne rejony wodnogospodarcze. W obszarze bilansowym G-18 (zlewnia Redy, Piaśnicy Zagórskiej Strugi, Płutnicy i Kaczej), obejmującym część ujęć wód podziemnych zaopatrujących wodociągi Trójmiasta, wydzielony został rejon wodnogospodarczy G-18/E (zlewnia rzeki Kaczej i Potoku Oliwskiego), w którym pobór aktualny wykorzystuje w pełni średnie wieloletnie zasoby wód podziemnych, zaś w warunkach skrajnie posusznych może tu występować deficyt zasobów wód podziemnych. W odniesieniu do całego obszaru bilansowego G-18 nie stwierdza się deficytu zasobów gwarantowanych, co wskazuje na możliwość pokrycia okresowych niedoborów zasobowych w rejonie G-18/E dopływem wód podziemnych z sąsiednich rejonów wodnogospodarczych, wykazujących rezerwy bilansowe.

Rejony wodnogospodarcze Zalewu Wiślanego wykazują znaczne rezerwy zasobów gwarantowanych w warunkach aktualnego poboru wód podziemnych. Przeważa tu bardzo niski i niski (do 30%) stopień wykorzystania zasobów gwarantowanych, kwalifikujący względny stan rezerw zasobowych w tych rejonach jako wysoki i bardzo wysoki (fig. 38a). Największe – rzędu 90% – względne rezerwy gwarantowanych zasobów wód podziemnych występują w obszarach bilansowych G-9, G-11, G-15, G-16, G-17, G-21.

Prognozowane na rok 2030 wykorzystanie wód podziemnych w regionie wodnym Dolnej Wisły (określone ze wskaźnikiem zwiększającym o 15% aktualne pobory) oszacowano na 7,51 m^3/s (649 tys. m^3/d), co stanowi niemal 20% ustalonych zasobów gwarantowanych tego regionu. Pobór prognozowany nie spowoduje istotnych zmian wysokości rezerw zasobów dostępnych do zagospodarowania w stosunku do stanu aktualnego (fig. 38b, tab. 10).

Bilans wodnogospodarczy wód podziemnych z ustaleniem wpływu zagospodarowania wód podziemnych na zasoby wód powierzchniowych przedstawiono na przykładzie dwóch zlewni bilansowych, znacznie różniących się inercją hydrodynamiczną: zlewni Osy, dla której *CI* oszacowano na 2 lata oraz zlewni Welu, gdzie *CI* oszacowano na 8 lat.

Zlewnia Osy, po wodowskaz w Rogóźnie, jest reprezentatywna dla rejonów wodnogospodarczych G-10/B i G-10/D (fig. 39, 40) z niską inercją hydrodynamiczną systemu wodonośnego. Gwarantowane zasoby wód podziemnych dostępne dla zagospodarowania *ZDGw* w tym rejonie wodnogospodarczym określono na 43,2 tys. m^3/d (0,50 m^3/s). Bilans wodnogospodarczy przeprowadzony dla aktualnego (2009 r.) oraz prognozowanego stanu zagospodarowania wód podziemnych wykazuje rezerwy przekraczające 40 tys. m^3/d. Wpływ poboru wód podziemnych zarówno aktualnego, jak i prognozowanego, nieznacznie wpływa tu na średni roczny

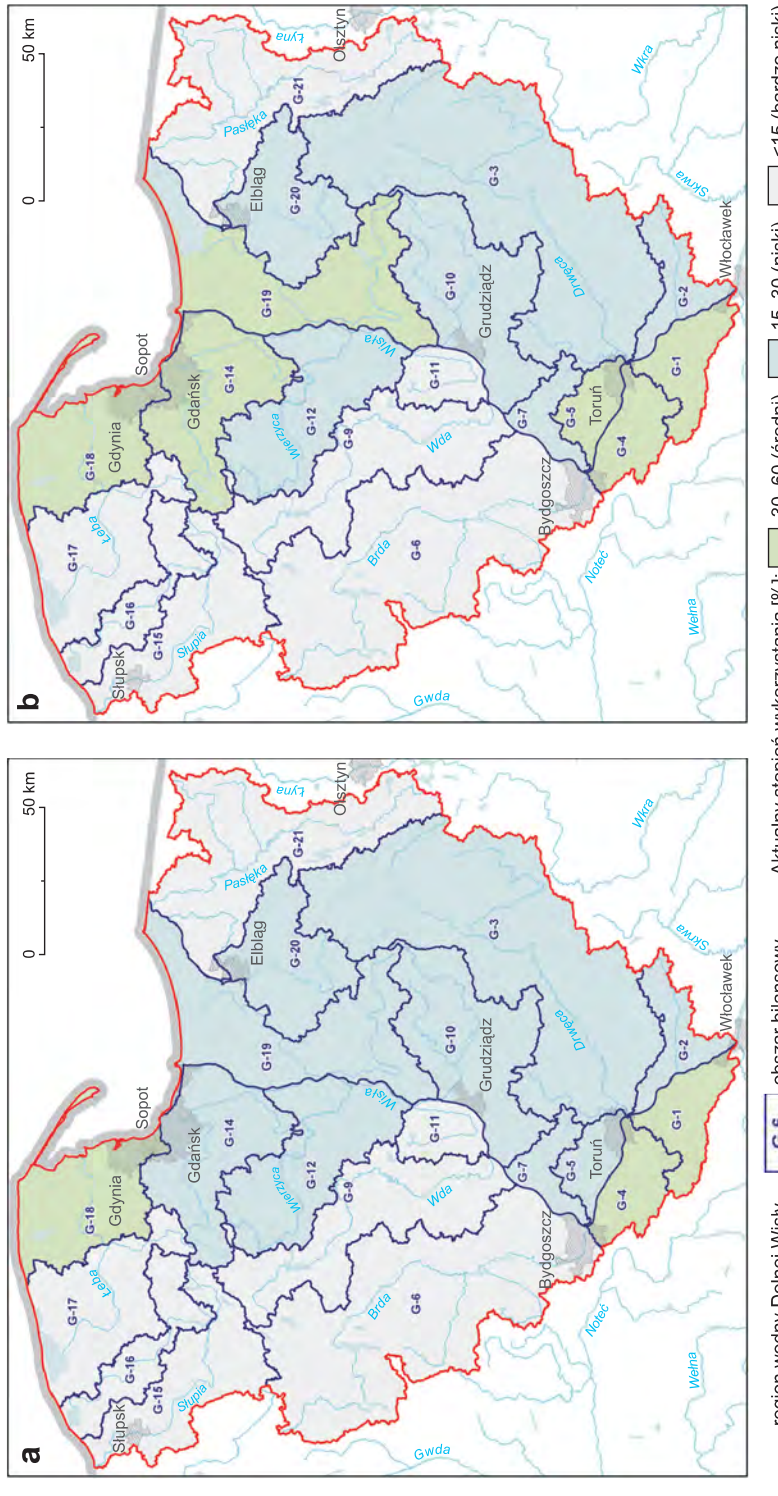


Fig. 38. Stopień wykorzystania zasobów gwarantowanych wód podziemnych w obszarach bilansowych regionu wodnego Dolnej Wisły (obszar działalności RZGW w Gdańsku)

a – aktualny, **b** – prognozowany

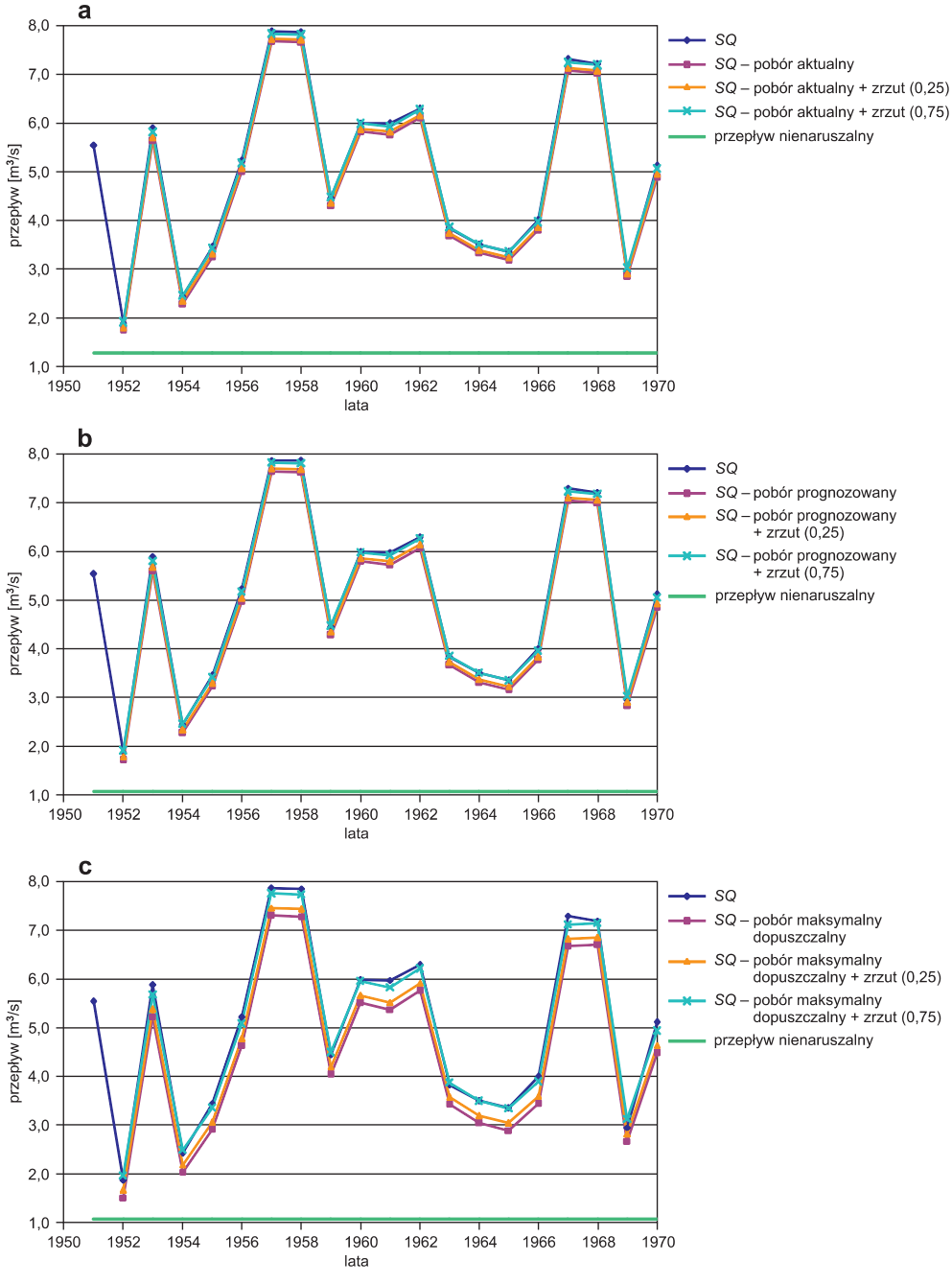


Fig. 39. Wpływ zagospodarowania zasobów wód podziemnych (poboru i zrzutu ścieków) na średni roczny przepływ rzeczny (*SQ*); rzeka Osa – wodowskaz Rogóźno

a –pobór aktualny, **b** – pobór prognozowany, **c** – pobór maksymalny dopuszczalny

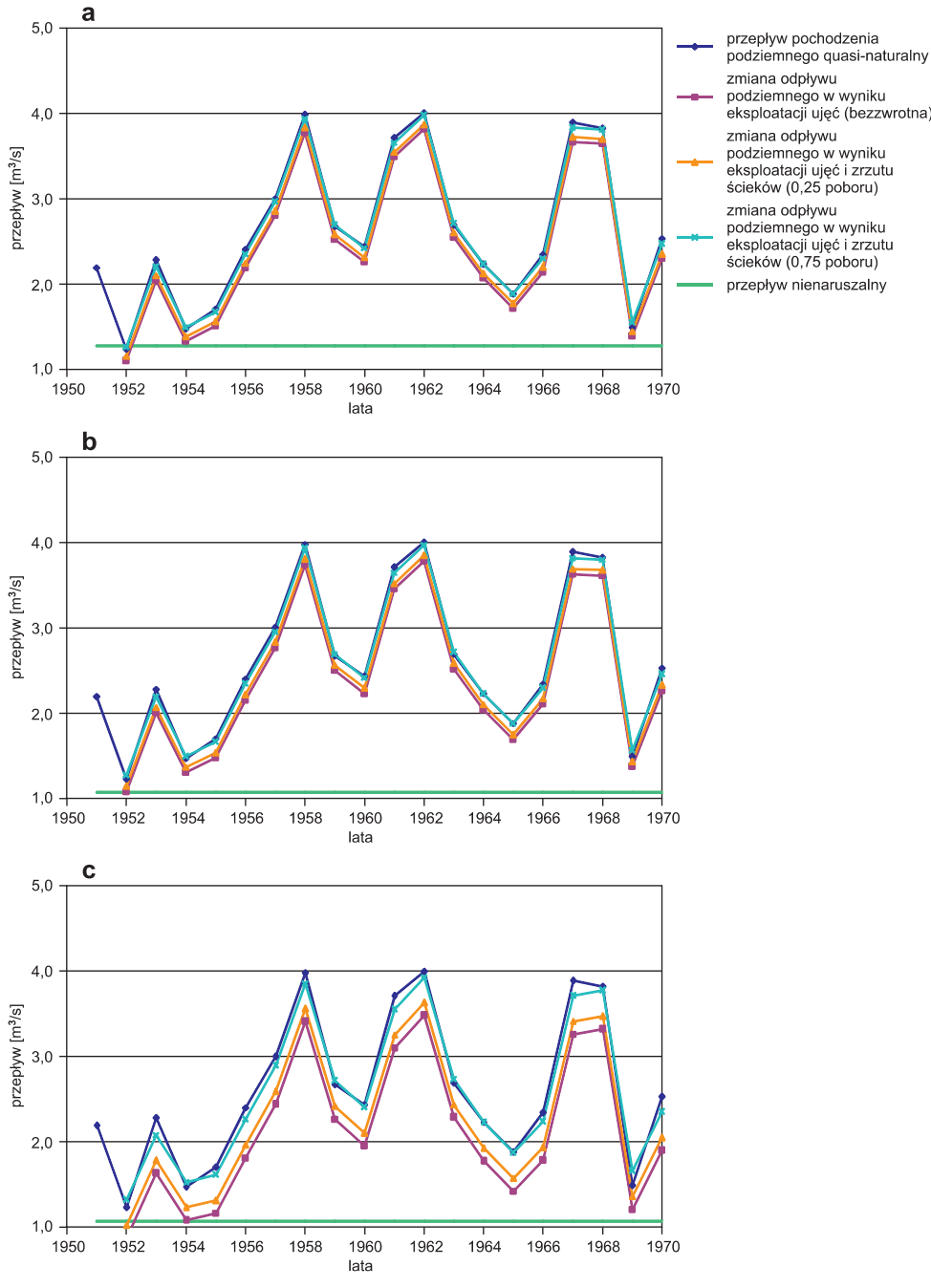


Fig. 40. Wpływ poboru i zrzutu ścieków na przepływ pochodzenia podziemnego (*QG*); rzeka Osa – wodowskaz Rogóźno

a – pobór aktualny, **b** – pobór prognozowany, **c** – pobór maksymalny dopuszczalny

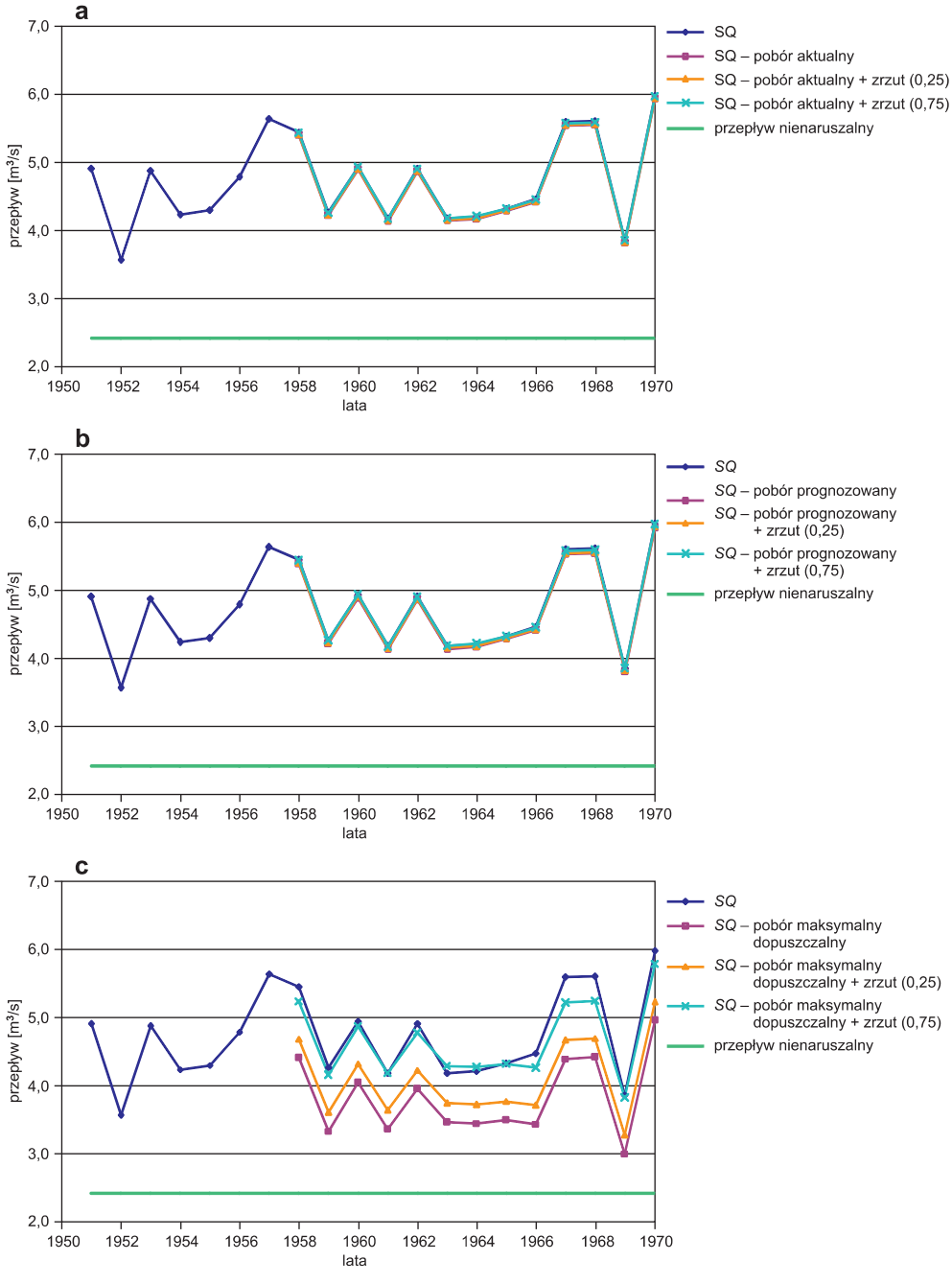


Fig. 41. Wpływ zagospodarowania zasobów wód podziemnych (poboru i zrzutu ścieków) na średni roczny przepływ rzeczny (*SQ*); rzeka Wel – wodowskaz Kuligi

a – pobór aktualny, **b** – pobór prognozowany, **c** – pobór maksymalny dopuszczalny

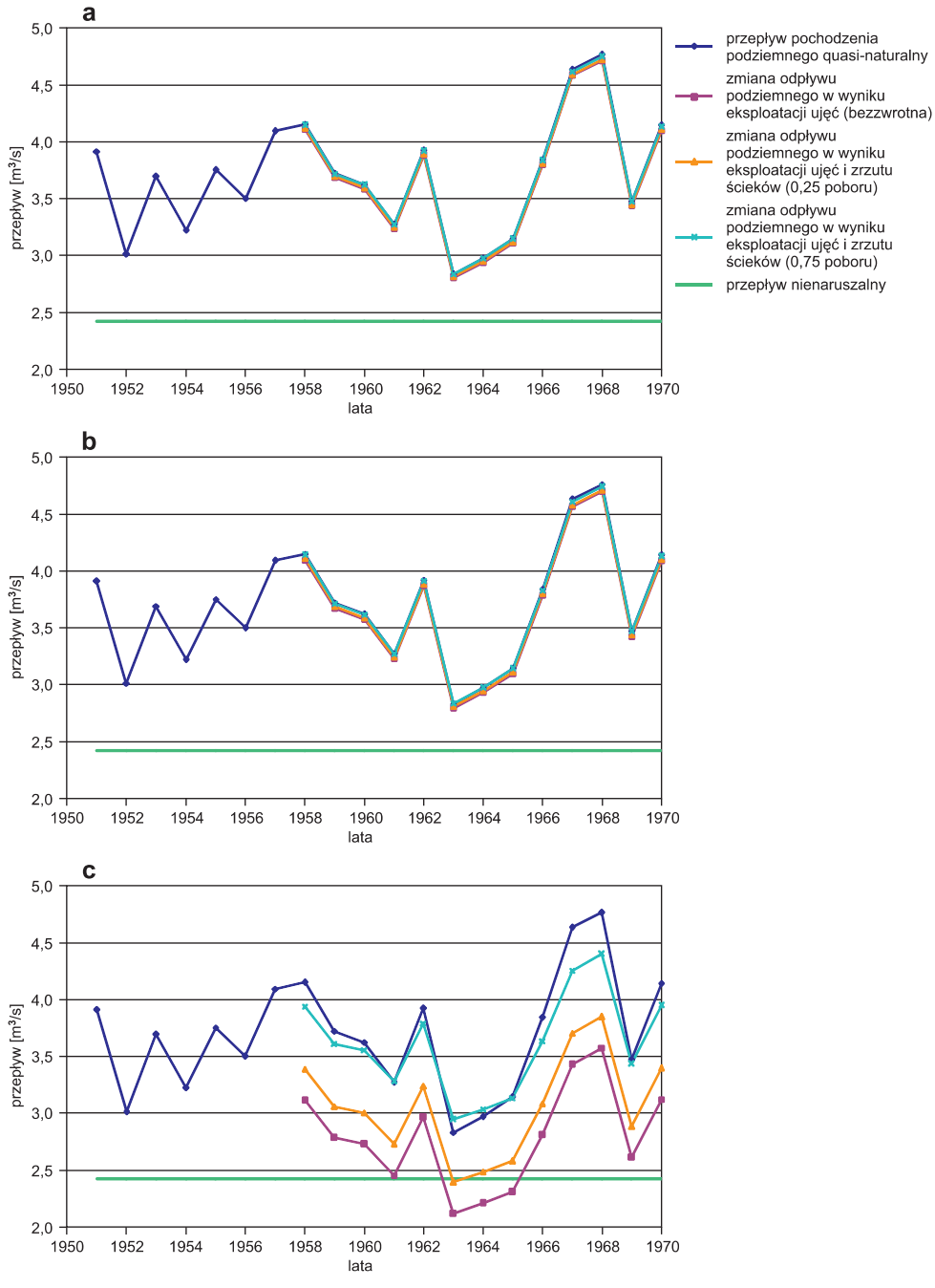


Fig. 42. Wpływ poboru i zrzutu ścieków na przepływ pochodzenia podziemnego (*QG*); rzeka Wel – wodowskaz Kuligi

a – pobór aktualny, **b** – prognozowany, **c** – maksymalny dopuszczalny

Tabela 10

Zestawienie wyników bilansu wodnogospodarczego wód podziemnych z uwzględnieniem oddziaływań z wodami powierzchniowymi w obszarach
bilansowych dorzecza Wisły

Nr obszaru bilansowego	Powierzchnia obszaru bilansowego	*ZD*	*ZP*	*ZDG (ZD+ZP)*		*ZDGw*		U_{Pa}	Aktualny stopień wykorzystania *ZDGw*	U_{Pr}	Prognozowany stopień wykorzystania *ZDGw*	$\Delta ZDGw_{U_{Pa}}$	$\Delta ZDGw_{U_{Pr}}$
	km^2	m^3/d			m^3/s	m^3/s	m^3/d	m^3/d	%	m^3/d	%	m^3/d	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
GL-II	1 819,58	153 660	65 000	218 660	2,53	2,31	199 580	184 568	92,5	199 580	100,0	15 010	0
GL-III	2 122,89	158 298	529 000	687 298	7,95	5,84	504 580	689 883	136,7	504 580	100,0	–185 300	0
Łącznie region wodny Małej Wisły	3 942,47	311 958	594 000	905 958	10,48	8,15	704 160	874 451	124,2	704 160	100,0	–170 290	0
K01	2 847,16	184 049	15 000	199 049	2,30	2,55	220 320	67 875	30,8	78 060	35,4	152 440	142 260
K03	6 188,01	20 840	552 000	572 840	6,63	5,81	501 980	61 558	12,3	70 790	14,1	440 420	431 190
K04	4 835,28	120 343	490 000	610 343	7,06	4,63	400 030	42 513	10,6	48 890	12,2	357 520	351 140
K05	6 609,67	207 823	626 600	834 423	9,66	9,11	787 100	84 899	10,8	97 630	12,4	702 200	689 470
K06	4 096,77	105 979	386 000	491 979	5,69	5,45	470 880	20 140	4,3	23 160	4,9	450 740	447 770
K07	2 906,49	194 270	92 000	286 270	3,31	2,90	250 560	42 011	16,8	48 310	19,3	208 550	202 250
K08	14 415,36	83 761	1 529 000	1 612 761	18,67	17,78	1 536 190	91 524	6,0	105 250	6,8	1 444 670	1 430 940
K10	1 211,54	19 400	89 000	108 400	1,25	1,32	114 050	14 875	13,0	17 110	15,0	99 180	96 940

Tabela 10 cd.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Łącznie region wodny Górnej Wisły	43 110,28	936 465	3 779 600	4 716 065	54,58	49,55	4 281 110	425 395	9,9	489 200	11,4	3 855 720	3 791 910
Z-01	2 179,66	0	188 000	188 000	2,18	1,45	125 280	39 543	31,6	45 470	36,3	85 740	79 810
Z-02	2 133,05	0	198 000	198 000	2,29	2,25	194 400	31 327	16,1	36 030	18,5	163 070	158 370
Z-03	2 643,54	18 150	242 000	260 150	3,01	2,79	241 060	36 006	14,9	41 410	17,2	205 050	199 650
Z-04	2 109,32	107 082	171 400	278 482	3,22	2,08	179 710	56 511	31,4	64 990	36,2	123 200	114 720
Z-05	10 490,43	1 482 200	0	1 482 200	17,16	9,13	788 830	184692	23,4	212 400	26,9	604 140	576 430
Z-06	1 437,73	29 400	116 000	145 400	1,68	0,98	84 670	12 337	14,6	14 190	16,8	72 330	70 480
Z-07	9 320,20	1 110 721	0	1 110 720	12,86	10,36	895 100	136 746	15,3	157 260	17,6	758 360	737 840
Z-08a	1 793,46	45 550	166 000	211 550	2,45	1,33	114 910	35 740	31,1	41 100	35,8	79 170	73 810
Z-08b	2 273,09	185 965	92 000	277 965	3,22	1,52	131 330	47 187	35,9	54 260	41,3	84 140	77 070
Z-09	1 395,04	198 017	21 000	219 018	2,53	2,28	196 990	39 047	19,8	44 900	22,8	157 940	152 090
Z-10	6 102,06	112 196	647 000	759 196	8,79	6,06	523 580	57 634	11,0	66 280	12,7	465 950	457 300
Z-11	7 062,12	0	643 000	643 000	7,44	7,6	656 640	44 632	6,8	51 330	7,8	612 010	605 310
Z-12	9 393,74	0	1 391 000	1 391 000	16,10	9,17	792 290	78 384	9,9	90 150	11,4	713 910	702 140
Z-13	4 506,60	375 713	323 000	698 713	8,09	7,16	618 620	22 706	3,7	26 110	4,2	595 910	592 510
Z-14	9 827,94	810 630	0	810 630	9,38	5,84	504 580	83735	16,6	96 300	19,1	420 840	408 280
Z-15	9 394,66	852 440	0	852 440	9,87	6,39	552 100	85 597	15,5	98 440	17,8	466 500	453 660
Z-16	5 144,57	259 600	0	259 600	3,00	2,25	194 400	60 895	31,3	70 030	36,0	133 500	124 370

Tabela 10 cd.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Z-17	2 966,48	12 625	174 485	187 110	2,17	1,54	133 060	33 138	24,9	38 110	28,6	99 920	94 950
Z-18	7 881,35	603 610	0	603 610	6,99	4,55	393 120	175 386	44,6	201 690	51,3	217 730	191 430
Z-19	2 772,05	10 600	67 000	77 600	0,90	1,22	105 410	40 945	38,8	47 090	44,7	64 460	58 320
Łącznie region wodny Środkowej Wisły	100 827,1	6 214 499	4 439 885	10 654 384	123,30	85,95	7 426 080	1 302 188	17,5	1 497 540	20,2	6 123 870	5 928 540
G-1	749,26	53 570	7 500	61 070	0,71	0,43	37 150	11 962	32,2	13 760	37,0	25 190	23 390
G-2	648,32	0	32 500	32 500	0,38	0,36	31 100	6 911	22,2	7 950	25,6	24 190	23 150
G-3	5 693,28	258 900	39 143	298 043	3,45	3,45	298 040	66 263	22,2	76 200	25,6	231 780	221 840
G-4	685,97	0	55 000	55 000	0,64	0,57	49 250	21 800	44,3	25 070	50,9	27 450	24 180
G-5	467,49	0	43 857	43 857	0,51	0,34	29 380	8 721	29,7	10 030	34,1	20 660	19 350
G-6	4 829,84	512 320	21 000	533 320	6,17	6,17	533 320	60 913	11,4	70 050	13,1	472 410	463 270
G-7	447,36	0	46 000	46 000	0,53	0,44	38 020	9 684	25,5	11 140	29,3	28 340	26 880
G-9	2 330,81	0	242 000	242 000	2,80	2,03	175 390	16 072	9,2	18 480	10,5	159 320	156 910
G-10	2 150,00	0	175 000	175 000	2,03	1,61	139 110	27 343	19,6	31 440	22,6	111 770	107 670
G-11	517,21	0	60 000	60 000	0,69	0,51	44 060	3 929	8,9	4 520	10,2	40 130	39 540
G-12	1 992,00	204 800	0	204 800	2,37	1,74	150 340	24 998	16,6	28 750	19,1	125 340	121 590
G-14	1 797,54	293 430	0	293 430	3,40	3,07	265 250	73 862	27,8	84 940	32,0	191 390	180 310
G-15	1 657,13	374 100	0	374 100	4,33	3,15	272 160	28 621	10,5	32 910	12,1	243 540	239 250
G-16	933,14	115 940	0	115 940	1,34	1,22	105 410	4 553	4,3	5 240	5,0	100 860	100 170

Tabela 10 cd.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
G-17	1 785,13	232 800	0	232 800	2,69	2,39	206 500	15 657	7,6	18 010	8,7	190 840	188 490
G-18	1 541,47	211 325	13 830	225 155	2,61	3,44	297 220	109 000	36,7	125 350	42,2	188 220	171 870
G-19	2 554,12	15 360	140 000	155 360	1,80	0,59	50 980	14 792	29,0	17 010	33,4	36 190	33 970
G-20	1 427,85	62 400	162 500	224 900	2,60	1,89	163 300	41 336	25,3	47 540	29,1	121 970	115 760
G-21	2 876,15	0	555 000	555 000	6,42	5,14	444 100	17 593	4,0	20 230	4,6	426 510	423 870
Łącznie region wodny Dolnej Wisły	35 084,08	2 334 945	1 593 330	3 928 275	45,47	38,54	3 330 080	564 015	17,0	648 620	19,5	2 766 100	2 681 460

całkowity przepływ rzeczny *SQ* (fig. 39a, b). Pobór maksymalny dopuszczalny z ujęć wód podziemnych – równy zasobom gwarantowanym – nie zagrozi utrzymaniu przepływu nienaruszalnego w rzekach zlewni Osy w warunkach odpowiadających średniorocznemu przepływowi całkowitemu (fig. 39c). W sytuacji kształtowania przepływów rzek wyłącznie przez zasilanie podziemne, w okresach lat posusznych wystąpi zagrożenie nieosiągnięciem wartości przepływu nienaruszalnego w warunkach bezzwrotnego poboru maksymalnego dopuszczalnego i poboru zwrotnego w niskim stopniu (rzędu 25%). Zagrożenie to nie będzie miało miejsca przy wyższym stopniu zwrotu pobranych wód do systemu hydrograficznego zlewni, zaś przy wysokim zwrocie przekraczającym 75% – nastąpi wzrost przepływów niskich powyżej wartości quasi-naturalnych.

Przykładem zlewni o wysokiej inercji hydrodynamicznej systemu wodonośnego (*CI* = 8 lat) jest zlewnia rzeki Wel po wodowskaz Kuligi, reprezentatywnej dla rejonu wodnogospodarczego G-3/C. Gwarantowane zasoby wód podziemnych dostępne dla zagospodarowania przyjęto w ilości zasobów dyspozycyjnych wód podziemnych piętra czwartorzędowego (39,14 tys. m^3/d; 0,45 m^3/s), ustalonych dla tego rejonu wodnogospodarczego w dokumentacji hydrogeologicznej zlewni rzeki Drwęcy. W dokumentacji tej uwzględniono wysoki przepływ nienaruszalny wyznaczony programem ochrony rezerwatowej doliny Drwęcy.

Bilans wodnogospodarczy zlewni Welu po Kuligi przeprowadzony dla aktualnego i prognozowanego stanu zagospodarowania wykazuje znaczne rezerwy zasobów gwarantowanych, wynoszące odpowiednio 34,53 tys. m^3/d i 33,88 tys. m^3/d. Pobór wód podziemnych aktualny i prognozowany w nieznacznym stopniu wpływa zarówno na średni roczny przepływ *SQ* rzek w tej zlewni (fig. 41a, b), jak i na średni roczny przepływ pochodzenia podziemnego (fig. 42a, b). Pobór maksymalny dopuszczalny z ujęć wód podziemnych, wpływając na zmniejszenie prze-

pływu średniego rocznego *SQ* średnio o 0,9 m^3/s, nie spowoduje spadku poniżej wartości przepływu nienaruszalnego (fig. 41c).

Zagrożenie nieosiągnięciem przepływu nienaruszalnego może wystąpić w okresie lat posusznych, w warunkach zasilania rzeki wyłącznie przez wody podziemne oraz maksymalnego dopuszczalnego poboru bezzwrotnego ze zrzutem ścieków w wysokości do 25% (fig. 42c).

Analiza wpływu zagospodarowania zasobów wód podziemnych na przepływ rzeczny wykazała jego znaczną zależność od stopnia zwrotu zużytych wód do systemu hydrograficznego zlewni, zwłaszcza w zakresie przepływów niskich, utrzymywanych z zasilania podziemnego. Oznacza to, że ocena stanu ilościowego wód podziemnych zależy w znacznym stopniu od wyniku obliczeń wpływu zagospodarowania wód podziemnych na przepływ rzeki w przekroju bilansowym. Wskazuje to na konieczność prawidłowego zidentyfikowania gospodarki wodno-ściekowej w rozpatrywanej zlewni, w tym ustalenia stopnia zwrotu wód podziemnych po ich wykorzystaniu.

7. PODSUMOWANIE WYNIKÓW

Niniejszy *Informator* stanowi pierwszy tom cyklu publikacji prezentujących wyniki prac prowadzonych przez państwową służbę hydrogeologiczną w zadaniu „Ustalenie możliwych do zagospodarowania zasobów wód podziemnych i przeprowadzenie bilansu wodnogospodarczego z uwzględnieniem oddziaływań z wodami powierzchniowymi". Tom ten zawiera podsumowanie ustaleń zasobowych i bilansowych dokonanych dla obszaru dorzecza Wisły wraz Żuławami Wiślanymi oraz zlewniami rzek Przymorza Wschodniego – Redy, Łeby, Łupawy i Słupi oraz Pasłęki – zlewni Zalewu Wiślanego. Informator opracowany został na podstawie rocznych raportów zbiorczych i cząstkowych z prac realizowanych w ramach zadania 21 przez poszczególne zespoły wykonawcze (materiał archiwalny państwowej służby hydrogeologicznej) w latach 2008–2011. Prace te obejmowały określenie gwarantowanych zasoby wód podziemnych możliwych do zagospodarowania i przeprowadzenie bilansu wodnogospodarczego wraz z ustaleniem wpływu zagospodarowania wód podziemnych na zmiany zasobów wód powierzchniowych w jednostkach bilansowych, wydzielonych w obrębie regionów wodnych:

- Małej Wisły (obszar działalności RZWG w Gliwicach) – 9 rejonów wodnogospodarczych w 2 obszarach bilansowych;
- Górnej Wisły (obszar działalności RZGW w Krakowie) – 115 rejonów wodnogospodarczych w 8 obszarach bilansowych;
- Środkowej Wisły (obszar działalności RZGW w Warszawie) – 193 rejony wodnogospodarcze w 20 obszarach bilansowych;
- Dolnej Wisły (obszar działalności RZGW w Gdańsku) – 74 rejony wodnogospodarcze w 19 obszarach bilansowych.

W obliczeniach bilansu wodnogospodarczego wód podziemnych uwzględniane były gwarantowane zasoby wód podziemnych dostępne do zagospodarowania, określone w rejonie wodnogospodarczym ze spełnieniem wymaganych kryteriów środowiskowych dla warunków długotrwałej niskiej odnawialności wód podziemnych, panujących w reprezentatywnym posusznym cyklu lat hydrologicznych. Suma zasobów gwarantowanych w rejonach wodnogospodarczych wchodzących w skład obszaru bilansowego, stanowi gwarantowane zasoby wód podziemnych dostępne do zagospodarowania w obszarze bilansowym.

Opracowana na potrzeby realizacji zadania procedura określania zasobów gwarantowanych i przeprowadzania bilansu wodnogospodarczego z uwzględnieniem wpływu wykorzystania wód podziemnych na zasoby wód powierzchniowych, obejmowała następujące etapy:

a. Ustalenie zlewni reprezentatywnej dla bilansowanego rejonu wodnogospodarczego, zamkniętej przekrojem wodowskazowym z opublikowanymi wieloletnimi obserwacjami przepływu.

b. Analizę statystyczną przepływów niskich i ustalenie wartości średniego rocznego odpływu podziemnego QG_R do rzek zlewni reprezentatywnej (dla niektórych zlewni wykorzystano opublikowane wartości QG_R).
c. Ocenę czasu inercji *CI* systemu wodonośnego zlewni i określenie najniższej z wielolecia wartości odpływu podziemnego – średniej z okresu kolejnych lat równych czasowi *CI* – jako odpływu podziemnego reprezentatywnego dla ustalenia zasobów gwarantowanych.
d. Ustalenie przepływu nienaruszalnego rzeki w przekroju wodowskazowym zamykającym zlewnię reprezentatywną jako środowiskowego ograniczenia dla stopnia zagospodarowana zasobów wód podziemnych.
e. Określenie gwarantowanych zasobów wód podziemnych dostępnych dla zagospodarowania w reprezentatywnej zlewni bilansowej i w rejonie wodnogospodarczym, a następnie w obszarze bilansowym.
f. Identyfikację wielkości poboru wód podziemnych aktualnego i prognozowanego w rejonie wodnogospodarczym i obszarze bilansowym.
g. Określenie stanu rezerw gwarantowanych zasobów wód podziemnych dostępnych do zagospodarowania w rejonie wodnogospodarczym oraz w obszarze bilansowym wód podziemnych w warunkach poboru aktualnego i prognozowanego.
h. Określenie wpływu poboru wód podziemnych na przepływ rzeki w przekroju wodowskazowym zamykającym reprezentatywną zlewnię bilansową w zależności od wysokości poboru (aktualnego, prognozowanego i maksymalnego dopuszczalnego równego zasobom gwarantowanym) i od stopnia zwrotu pobranych wód do rzek w postaci ścieków lub wód kopalnianych.

Rozdysponowanie tak ustalonych gwarantowanych zasobów wód podziemnych jest prowadzone z zachowaniem zasilania dolinnych stref drenażowych, utrzymującego nienaruszalny przepływ rzeki i pokrywającego potrzeby wodne chronionych ekosystemów dolinnych w serii lat posusznych – bez potrzeby dodatkowych działań hydrotechnicznych dla sterowania retencją wód w zlewni w celu kształtowania ekologicznie wymaganych stosunków wodnych.

Należy tu dodać, że ciągi średnich i minimalnych przepływów okresowych rzek (rocznych, miesięcznych) traktowano jako dane testowe, tzn. nie poddawano ich renaturyzacji przed wprowadzeniem ich jako danych wejściowych do obliczeń zasobowych i korekty przepływu rzek o wpływ użytkowania wód podziemnych zlewni. Przeprowadzone analizy błędu obliczeń spowodowanego tym uproszczeniem wykazały, że z wyjątkiem zlewni znajdujących się pod dominującym wpływem poboru dużych ujęć komunalnych i odwodnieniowych oraz zrzutu powstałych ścieków i wód kopalnianych, uproszczenie to nie ma istotnego wpływu na wynik ustaleń zasobowych i na ocenę stanu ich rezerw w warunkach poborów aktualnych i prognozowanych.

Wyznaczanie zasobów gwarantowanych wód podziemnych pozwoliło na identyfikację zagrożeń dla dobrego stanu ilościowego wód podziemnych, dokonywaną w oparciu o wynik bilansu wodnogospodarczego i oceny wpływu zagospodarowania wód podziemnych na przepływ rzeczny w bilansowej zlewni. W wyniku przeprowadzonej procedury wskazano rejony wodnogospodarcze i obszary bilansowe o znacznych rezerwach gwarantowanych zasobów wód podziemnych dostępnych do zagospodarowania oraz obszary bilansowe wykazujące brak niezbędnych rezerw (fig. 43), wymagające optymalizacji rozrządu zasobów wód podziemnych. W celach porównawczych podobną ocenę przeprowadzono dla zasobów dyspozycyjnych i perspektywicznych (fig. 44).

W dominującej części analizowanych obszarów bilansowych dorzecza Wisły, rezerwy zasobów wód podziemnych dostępnych do zagospodarowania (określone stosunkiem wielkości rezerw do zasobów), (tab. 4) w warunkach aktualnego poboru wód podziemnych są znaczne i najczęściej wynoszą: 80–90% zasobów dyspozycyjnych (lub perspektywicznych, zależnie od stanu udokumentowania) oraz 70–90% zasobów gwarantowanych (tab. 10). Poza dwoma obszarami bilansowymi w regionie wodnym Małej Wisły (obszarem bilansowym GL-II Małej Wisły zagrożonym deficytem zasobów oraz obszarem bilansowym GL-III Przemszy wykazującym deficyt), (fig. 10) rezerwy zasobów dyspozycyjnych i gwarantowanych w obszarach bilansowych wydzielonych w obszarze dorzecza Wisły przekraczają 50% ustalonych w nich zasobów. Rezerwy wyższe niż 75% zasobów dyspozycyjnych (lub perspektywicznych) wykazują 42 z 49 obszarów bilansowych, natomiast rezerwy przekraczające 75% zasobów gwarantowanych wykazują 32 z 49 obszarów bilansowych (tab. 10).

W całym analizowanym obszarze dorzecza Wisły (wraz ze zlewniami rzek Przymorza Wschodniego i Zalewu Wiślanego) aktualne względne rezerwy zasobów wód podziemnych dostępnych do zagospodarowania wynoszą 84% zasobów dyspozycyjnych (wraz z perspektywicznymi, zależnie od stopnia udokumentowania) oraz 80% zasobów gwarantowanych. W wartościach bezwzględnych wynoszą one: 6,98 mln m^3/d dla zasobów dyspozycyjnych (wraz z perspektywicznymi) oraz 12,67 mln m^3/d dla zasobów gwarantowanych.

Ustalenie zasobów gwarantowanych – jako podstawy dla określenia rezerw zasobów wód podziemnych dostępnych do zagospodarowania, dla oszacowania wpływu zagospodarowania wód podziemnych na przepływ rzek oraz dla dokonania oceny stanu ilościowego wód podziemnych – jest niezbędne w zlewniach drenujących system wodonośny z przewagą głównego użytkowego poziomu wodonośnego z dobrym kontaktem hydraulicznym z dolinami rzecznymi oraz słabej izolacji i hydrodynamice silnie zależnej od zmian zasilania infiltracją efektywną opadów w cyklach kilkuletnich i krótszych. W zlewniach tego typu analiza bilansu wodnogospodarczego oparta na zasobach gwarantowanych i uwzględniająca wpływ użytkowania wód podziemnych na rzeki pozwala ustalić zasady zrównoważonego wykorzystania zasobów wodnych i sformułować wskazania hydrogeologiczne do warunków korzystania z wód zlewni oraz do działań hydrotechnicznych w zakresie korekty retencji i odpływu wód powierzchniowych.

Istotnym problemem metodycznym w ustalaniu zasobów wód podziemnych dostępnych dla zagospodarowania jest określenie przepływu nienaruszalnego rzek w jednostce bilansowej. Problem ten obejmuje w równym stopniu dane hydrologiczne, jak i stosowane formuły obliczeniowe. Określanie wielkości przepływu nienaruszalnego metodami opartymi na statystycznej analizie przepływów niskich okresowych w przekroju wodowskazowym rzeki, uwzględniającymi powierzchnię i typ geomorfologiczny zlewni zamkniętej tym przekrojem, często prowadzi do otrzymania wyników wymagających daleko idącej korekty. Korekty te okazują się niezbędne zwłaszcza w sytuacji, gdy analizowany jest system hydrograficzny rzeki głównej z jej kontrolowanymi wodowskazowo dopływami o zlewniach znacznie różniących się powierzchnią i typem geomorfologicznym oraz gdy przepływ rzek w przekrojach wodowskazowych znajduje się pod wpływem gospodarki na zbiornikach retencyjnych i stawach rybnych, zrzutu ścieków lub wód kopalnianych, zabudowy hydrotechnicznej oraz zarastania i zlodzenia koryta. Korekty są niezbędne również wtedy, gdy system wodonośny charakteryzuje się znaczną zasobnością, a drenujący go system hydrologiczny – wyrównanym przepływem rzek, kształtującym niewielką różnicę pomiędzy rocznymi przepływami niskimi a przepływami pochodzącymi z zasilania podziemnego, co w konsekwencji może prowadzić

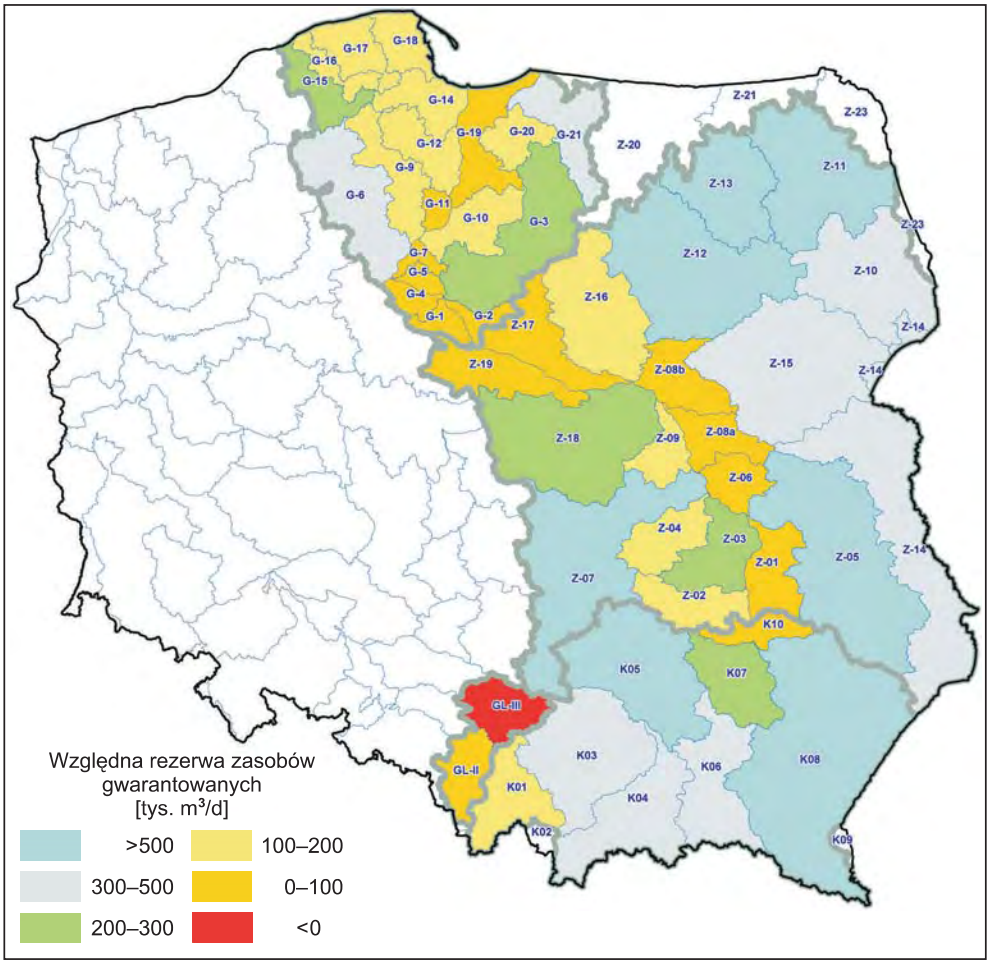


Fig. 43. Rezerwa gwarantowanych zasobów wód podziemnych dostępnych do zagospodarowania przy aktualnym poborze wód podziemnych w obszarach bilansowych dorzecza Wisły

do uzyskania paradoksalnego wyniku obliczeń w postaci braku dostępnych do zagospodarowania zasobów wód podziemnych.

Wpływ zagospodarowania zasobów wód podziemnych na kształtowanie przepływów rzecznych i wynik jednolitego bilansu wodnogospodarczego zlewni jest w znacznym stopniu zależny od stopnia zwrotu pobranych wód podziemnych do systemu hydrograficznego zlewni, zwłaszcza w zakresie przepływów niskich, utrzymywanych z zasilania podziemnego. Zależność ta jest tym większa im krótszy jest czas opóźnienia reakcji systemu wodonośnego na zmiany średniookresowej infiltracji efektywnej, decydującej o odnawialności użytkowych poziomów wodonośnych oraz im wyższy jest stopień zagospodarowania zasobów wód podziemnych.

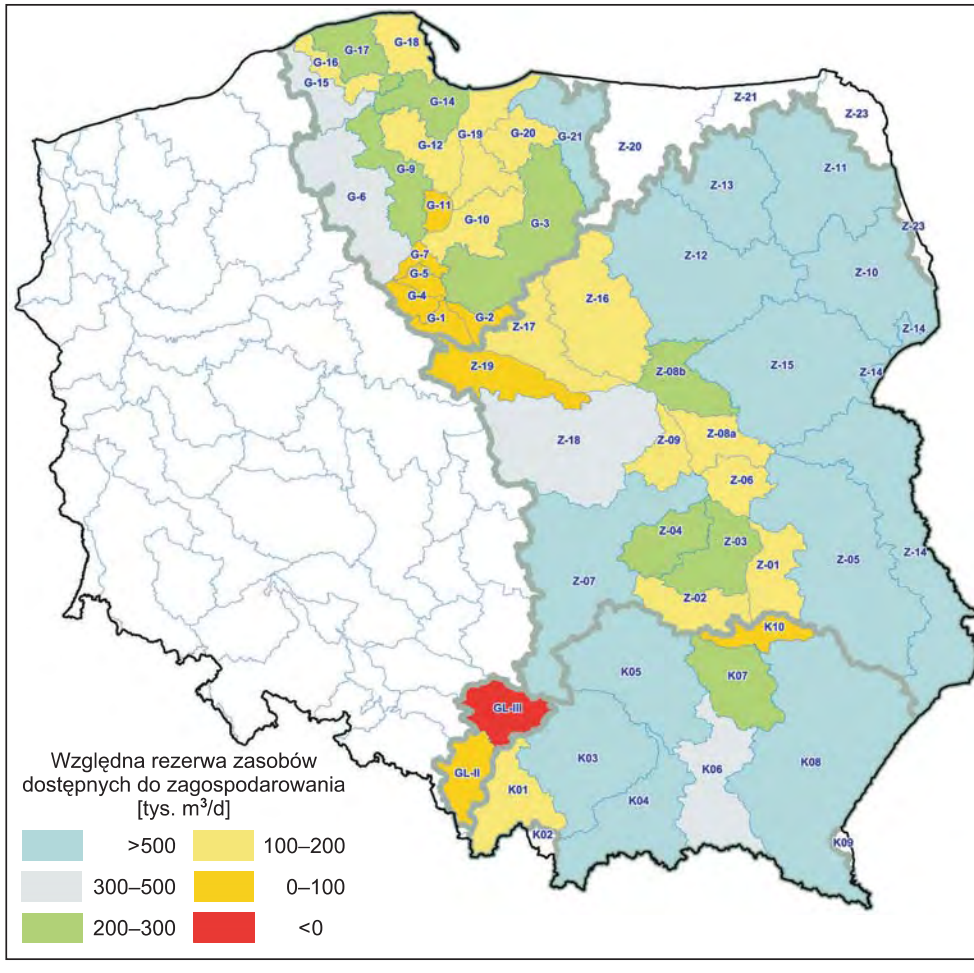


Fig. 44. Rezerwa zasobów dostępnych do do zagospodarowania ustalonych jako dyspozycyjne i/lub perspektywiczne przy aktualnym poborze wód podziemnych w obszarach bilansowych dorzecza Wisły

Przeprowadzone badania wykazały, że bilansowa ocena stanu ilościowego wód podziemnych zależy w znacznym stopniu od wyniku obliczeń wpływu zagospodarowania wód podziemnych na przepływ rzeki w przekroju zamykającym bilansowaną zlewnię. Wymusza to konieczność prawidłowego zidentyfikowania gospodarki wodno-ściekowej zwłaszcza w zakresie ustalenia stopnia zwrotu pobranych wód podziemnych do rzek zlewni. Ten ostatni element w wyższym stopniu decyduje o wyniku obliczeń zmian przepływu rzek niż dokładność ustalenia aktualnego poboru wód podziemnych i przyjętego do obliczeń poboru prognozowanego.

Wpływ poboru z ujęć wód podziemnych na wody powierzchniowe w większości analizowanych rejonów wodnogospodarczych został określony jako nieznaczny lub mały.

Analiza średniorocznego przepływu całkowitego wód powierzchniowych *SQ* skorygowanego o wielkość poboru aktualnego i prognozowanego oraz o wielkość zrzutu ścieków, przeprowadzona w reprezentatywnych przekrojach wodowskazowych dorzecza Wisły, wykazała brak zagrożenia dla utrzymania w nich przepływu nienaruszalnego. Zmiany średniego całkowitego przepływu rocznego rzek *SQ* w warunkach bezzwrotnego poboru maksymalnego dopuszczalnego (w wielkości zasobów gwarantowanych) nie przekraczają 50% wartości *SQ*, zaś w przekrojach rzek zamykających zlewnie o powierzchni >1000 km^2 – 10% wartości *SQ*.

Korekta przepływu rzecznego pochodzenia podziemnego *QG* o pobór aktualny i prognozowany wód podziemnych w zlewni oraz o zrzut powstałych ścieków, przeprowadzona dla reprezentatywnych przekrojów wodowskazowych, również wykazała brak zagrożenia dla przepływu nienaruszalnego. Jedynie w sytuacji bezzwrotnego poboru maksymalnego dopuszczalnego i zwrotnego w niskim stopniu (<25%), stwierdzono możliwość spadku przepływu poniżej nienaruszalnego w latach posusznych. Jednakże w warunkach poboru wód podziemnych ze zwrotem powyżej 25%, przepływ nienaruszalny zostaje zachowany, zaś w warunkach zwrotu powyżej 75% następuje wzrost przepływów niskich; w latach posusznych przepływy skorygowane przekraczają wówczas naturalne przepływy rzeki pochodzące z zasilania podziemnego.

Gwarantowane zasoby wód podziemnych dostępne do zagospodarowania są z definicji niższe od zasobów dyspozycyjnych, ustalanych dla średnich wieloletnich warunków hydrologicznych z wyższą odnawialnością wód podziemnych niż w okresach lat posusznych oraz niższym udziałem wód podziemnych w zaspokojeniu potrzeb wodnych roślinności ekosystemów dolinnych.

W trakcie realizacji zadania zostały zidentyfikowane nieliczne odstępstwa od tej reguły, w których stwierdzono wyższą wartość zasobów gwarantowanych wód podziemnych niż zasobów dyspozycyjnych. Wynikało to z przyczyn związanych z różnymi rozwiązaniami metodycznymi, stosowanymi przy ustalaniu zasobów dyspozycyjnych na modelu matematycznym przepływu wód podziemnych w poszczególnych jednostkach bilansowych, a w szczególności:

– z podziału wielkości zasobów odnawialnych wód podziemnych na część stanowiącą infiltrację opadów do lokalnych układów krążenia w płytkich poziomach wodonośnych nie spełniających kryteriów poziomu użytkowego i nieuwzględnionych w modelu matematycznym użytkowych poziomów wodonośnych oraz na część stanowiącą zasoby odnawialne użytkowych poziomów wodonośnych, odwzorowanych na modelu i stanowiących podstawę ustalania zasobów dyspozycyjnych;

– z uwzględniania przepływów nienaruszalnych wyższych niż wyznaczone na podstawie kryteriów hydrobiologicznych (określonych różnymi metodami statystycznymi albo mających zapewnić pokrycie wysokich potrzeb ochrony rezerwatowej lub krajobrazowej w dolinach rzecznych);

– z określania zasobów odnawialnych wód podziemnych na podstawie wartości wskaźników odpływu podziemnego, bez uwzględniania korekty na niepełną penetrację hydrauliczną rzek i strat na drenaż ewapotranspiracyjny w dolinach rzecznych.

Wymienione wyżej przyczyny prowadziły do ustalania relatywnie niskich wartości zasobów dyspozycyjnych wód podziemnych, akceptowanych jednak jako podstawa dla ich dystrybucji z zachowaniem marginesu bezpieczeństwa, co jest głównym celem określania gwarantowanych zasobów wód podziemnych dostępnych do zagospodarowania. Stąd uzyskiwane wartości zasobów gwarantowanych były w części obszarów bilansowych zbliżone do zasobów

dyspozycyjnych; w sytuacji gdy były od nich wyższe, zasoby gwarantowane jednostki bilansowej przyjmowano w wysokości zasobów dyspozycyjnych.

W części rejonów wodnogospodarczych wartości zasobów gwarantowanych odbiegają od zasobów dyspozycyjnych (lub perspektywicznych – zależnie od stopnia rozpoznania zasobów w poszczególnych obszarach bilansowych i rejonach wodnogospodarczych) z powodu niesynchroniczności okresów wieloletnich przyjętych za podstawę ustaleń zasobowych. Wówczas wzajemny stosunek zasobów gwarantowanych i dyspozycyjnych zależał od stosunku średnich wartości odpływu podziemnego w rozpatrywanych okresach.

W zlewniach bilansowych z przewagą głównego użytkowego poziomu wodonośnego o zwierciadle swobodnym, zasoby gwarantowane są wyraźnie niższe od zasobów dyspozycyjnych (lub perspektywicznych), co jest odzwierciedleniem zależności dynamiki odpływu podziemnego od bezpośredniego zasilania wód podziemnych infiltracją opadów atmosferycznych i od drenażu przez rzeki, uwzględnionego w zastosowanej metodyce obliczeń zasobów gwarantowanych *ZDGw*.

W zlewniach drenujących systemy wodonośne z użytkowymi poziomami wodonośnymi o znacznej izolacji od powierzchni terenu i hydrodynamice nie wykazującej istotnej zależności od cyklicznych zmian infiltracji opadów, ilość zasobów gwarantowanych zbliża się do wartości zasobów średnich wieloletnich – hydrologicznie normalnych – a ich znaczenie w przeprowadzaniu bilansu wodnogospodarczego, ustalaniu warunków korzystania z wód zlewni i opracowaniu programów działań dla osiągnięcia lub utrzymania dobrego stanu wód, zależy od rozkładu eksploatacji wód w poszczególnych użytkowych poziomach wodonośnych.

W wielopoziomowych systemach wodonośnych eksploatacja wód podziemnych często koncentruje się w głębokim użytkowym poziomie wodonośnym o dobrej izolacji od zanieczyszczeń z powierzchni terenu, zaś płytkie poziomy wodonośne nie są ujmowane ze względu na ich zanieczyszczenie, natomiast pozostając w bezpośrednim związku z wodami powierzchniowymi i zależności od zmiennych warunków hydrologicznych – decydują o dynamice odpływu podziemnego do rzek i w ten sposób kształtują wielkość zasobów gwarantowanych.

LITERATURA

ATLAS HYDROLOGICZNY Polski, 1986 — Metoda opracowania i zestawienia liczbowe, tom 2, IMGW, Warszawa.

BYCZKOWSKI A., CHORMAŃSKI J., HERBICH P., MANDES B., OKRUSZKO T., TYSZEWSKI S., 2001 — Propozycja równań regresji do obliczania odpływów jednostkowych średnich oraz niższych od średniego z wykorzystaniem parametrów hydrogeologicznych. *Wiadomości IMGW*, **4** (45), 1: 49–74.

CZAJA S., 1999 — Zmiany stosunków wodnych w warunkach silnej antropopresji (na przykładzie konurbacji katowickiej). Wyd. UŚl., Katowice.

CZAJA S., 2009 — Metody oceny udziału wód kopalnianych w kształtowaniu się wielkości i reżimu odpływu rzecznego w Górnośląskim Zagłębiu Węglowym (na potrzeby sporządzania bilansów wodnogospodarczych). Centr. Arch. Geol. PIG-PIB, Warszawa.

CZARNECKA H. (praca zespołowa), 2005 — Atlas podziału hydrograficznego Polski, IMGW, Warszawa.

DIRECTIVE 2000/60/EC — Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2000/60/EC z dnia 23 października 2000r. w sprawie ustanowienia ram działalności Wspólnoty w zakresie polityki wodnej.

DOWGIAŁŁO J., KLECZKOWSKI A.S., MACIOSZCZYK T., RÓŻKOWSKI A., 2002 — Słownik hydrogeologiczny. Państw. Inst. Geol., Warszawa.

DZIAŁALNOŚĆ PAŃSTWOWEJ SŁUŻBY HYDROGEOLOGICZNEJ w latach 2009–2011, Zadania państwowej służby hydrogeologicznej w 2011 r. SYNTEZA. Centr. Arch. Geol. PIG-PIB, Warszawa; (http://www.psh.gov.pl/artykuly_i_publikacje).

FRANKOWSKI Z., GAŁKOWSKI P., MITRĘGA J. i inni, 2007 — Opracowanie metodyki identyfikacji i ustalenie struktury poboru wód podziemnych dla potrzeb oceny stanu ilościowego wód podziemnych kraju. Centr. Arch. Geol. PIG-PIB, Warszawa.

FRANKOWSKI Z., GAŁKOWSKI P., MITRĘGA J. 2009 — Struktura poboru wód podziemnych w Polsce. Informator państwowej służby hydrogeologicznej. Państw. Inst. Geol., Warszawa.

GAŁKOWSKI P. i in., 2011 — Prowadzenie, aktualizacja, weryfikacja i udostępnianie bazy danych poboru rejestrowanego z ujęć wód podziemnych na podstawie oficjalnych danych krajowych, Raport z zadania 16 PSH w 2010 r. Centr. Arch. Geol. PIG-PIB, Warszawa.

HERBICH P., 1983 — Zmiany odnawialności zasobów wód podziemnych w rejonach ich intensywnej eksploatacji ze szczelinowych utworów górnej kredy wschodniej Lubelszczyzny. Niepubl. praca doktorska, Arch. Wydz. Geol., UW, Warszawa.

HERBICH P., 1987 — Dynamika zwierciadła wód podziemnych w obszarach oddziaływania ujęć wód podziemnych Chełma i Rejowca. *W*: Problemy hydrogeologiczne środkowo-wschodniej Polski:183–197. Wydawnictwa PG, SIiTGórn. Warszawa.

HERBICH P., 1989 — Struktura zasobów eksploatacyjnych ujęć wód podziemnych Chełma i Rejowca. *W*: Geologia stosowana w badaniach Lubelskiego Zgłębia Węglowego: 148–158. UMCS, Lublin.

HERBICH P., 1990 — Ewapotranspiracja wód podziemnych w rejonie Chełma. *W*: Mat. sesji nauk. „Współczesne problemy geologiczne Polski centralnej": 219–235. UW, Warszawa.

HERBICH P., 1997 — Określanie wpływu eksploatacji wód podziemnych na zasoby wód powierzchniowych dla potrzeb bilansów wodnogospodarczych. *W*: Współczesne problemy hydrogeologii, **8**: 63–73, Wyd. WIND, Poznań.

HERBICH P., 2002a — Określanie hydrogeologicznych danych wejściowych i weryfikacja metody dynamicznej korekty przepływów rzecznych w przekrojach kontrolnych o wpływ poboru wód podziemnych z bilansowanych zlewni. Raport z realizacji projektu badawczego KBN nr 9t12b00417. Centr. Arch. Geol. PIG-PIB, Warszawa.

HERBICH P., 2002b — Dokumentowanie i bilansowanie zasobów wód podziemnych w gospodarowaniu wodami, Mat. 14 konf. „Problemy wykorzystania wód w gospodarce komunalnej: 58–67. PZITS, ŚUW, Częstochowa.

HERBICH P., 2005 — Zasoby perspektywiczne wód podziemnych – cel ustalenia i metodyka obliczeń dla zlewniowych systemów wodonośnych. Współczesne problemy hydrogeologii, **12**: 261–268, Toruń.

HERBICH P., 2008 — Opracowanie metodyki bilansu wodnogospodarczego wód podziemnych z uwzględnieniem oddziaływań z wodami powierzchniowymi. Działalność państwowej służby hydrogeologicznej w 2007 r. Dział 3. Rozpoznawanie, bilansowanie i ochrona wód podziemnych w celu racjonalnego ich wykorzystania przez społeczeństwo oraz gospodarkę. Zadanie 2.07. Centr. Arch. Geol. PIG-PIB, Warszawa.

HERBICH P. (kierownik zadania), 2011 — Określenie dynamiki odnawialności zasobów wód podziemnych w zlewniach bilansowych metodą analizy związku zmian stanów retencji i odpływu podziemnego. Centr. Arch. Geol. PIG-PIB, Warszawa.

HERBICH P., DĄBROWSKI S., NOWAKOWSKI C., 2003 — Ustalenie zasobów perspektywicznych wód podziemnych w obszarach działalności Regionalnych Zarządów Gospodarki Wodnej (raport końcowy). Centr. Arch. Geol. PIG-PIB, Warszawa.

HERBICH P., DĄBROWSKI S., NOWAKOWSKI C., 2007 — Wydzielenie rejonów wodnogospodarczych dla potrzeb zintegrowanego zarządzania zasobami wód podziemnych i powierzchniowych kraju. Centr. Arch. Geol. PIG-PIB, Warszawa.

HERBICH P., MORDZONEK G., PRZYTUŁA E., 2011 — Stan rozpoznania i stopień wykorzystania dostępnych do zagospodarowania zasobów wód podziemnych w Polsce. *Biul. Państw. Inst. Geol.*, **455**, *Hydrogeologia*, z. 12/1:193–202.

HERBICH P., PRZYTUŁA E., 2008 — A state of the documenting process of the accessible groundwater resources in Poland. *Pol. Geol. Inst. Sp. Pap.*, **24**: 63–67.

HERBICH P., TYSZEWSKI S., 1994a — Wybrane problemy bilansu wodnogospodarczego w świetle doświadczeń z pierwszej edycji warunków korzystania z wód zlewni Wkry. *Zesz. Nauk. AR Wroc.*, **248**: 135–143.

HERBICH P., TYSZEWSKI S., 1994 b — Bilans wodnogospodarczy i warunki korzystania z wód zlewni Wkry. *W*: Aktualna problematyka gospodarki wodnej w skali zlewni rzecznej: 68–89. SGGW, Warszawa.

KONDRACKI J., 2002 — Geografia regionalna Polski. PWN, Warszawa.

KOSTRZEWA H., 1977 — Weryfikacja kryteriów i wielości przepływu nienaruszalnego dla rzek Polski. Materiały badawcze. Seria: Gospodarka Wodna i Ochrona Wód. IMGW, Warszawa.

KOWALCZYK A., 2003 — Formowanie się zasobów wód podziemnych w utworach węglanowych triasu śląsko-krakowskiego w warunkach antropopresji. *Pr. Nauk. UŚl.*, **2152**: 1–196.

LIDZBARSKI M., 2004 — Ogólna charakterystyka geologiczna i hydrogeologiczna regionu wodnego Dolnej Wisły. Centr. Arch. Geol. PIG-PIB, Gdańsk.

LIDZBARSKI M., Z. KORDALSKI, 2001 — Studium warunków zasilania i drenażu wód podziemnych na obszarze zlewni Redy i Zagórskiej Strugi. Centr. Arch. Geol. PIG-PIB, Gdańsk.

LIDZBARSKI M., Z. KORDALSKI, 2003 — Warunki piętra trzeciorzędowego w północnej części województwa pomorskiego. Centr. Arch. Geol. PIG-PIB, Gdańsk.

METODYKA jednolitych bilansów wodnogospodarczych i przygotowania programów działań perspektywicznych (praca zbiorowa) — 1992. CBSiPBW HYDROPROJEKT, Warszawa.

MORDZONEK G. (kierownik zadania), 2011 — Prowadzenie, aktualizacja i udostępnianie bazy danych GIS zasobów dyspozycyjnych i perspektywicznych wód podziemnych dla obszaru Polski. Centr. Arch. Geol. PIG-PIB, Warszawa.

ORSZTYNOWICZ J., 1988 — Studium naukowo-badawcze do Atlasu hydrologicznego Polski. Średnie roczne i wieloletnie odpływy podziemne na obszarze Polski w okresie 1951–1980, IMGW, Warszawa.

PACZYŃSKI B., red., 1993, 1995 — Atlas hydrogeologiczny Polski, cz. I, II. Państw. Inst. Geol., Warszawa.

PACZYŃSKI B., MACIOSZCZYK T., KAZIMIERSKI B., MITRĘGA J., KOZERSKI B., SZCZEPAŃSKI A., 1996 — Ustalanie zasobów dyspozycyjnych zasobów wód podziemnych. Poradnik metodyczny, Ministerstwo Środowiska, Warszawa.

PACZYŃSKI B., SADURSKI A., red., 2005 — Hydrogeologia regionalna Polski. Państw. Inst. Geol., Warszawa.

PRZYTUŁA E. (kierownik zadania), 2008 — Charakterystyka dynamiki stanu retencji wód podziemnych strefy aktywnej wymiany jako podstawa dla ustalenia wieloletniej zmienności dostępnych dla zagospodarowania zasobów wód podziemnych; Raport PSH z zadania 2.8. Centr. Arch. Geol. PIG-PIB, Warszawa.

PRZYTUŁA E. (kierownik zadania), 2009 — Ustalenie możliwych do zagospodarowania zasobów wód podziemnych i przeprowadzenie bilansu wodnogospodarczego z uwzględnieniem oddziaływań z wodami powierzchniowymi: Etap II – obszar działalności RZGW w Warszawie i RZGW w Poznaniu; Raport PSH z zadania 15 w 2008 r. Centrr. Arch. Geol. PIG-PIB, Warszawa.

PRZYTUŁA E. (kierownik zadania), 2010 — Ustalenie możliwych do zagospodarowania zasobów wód podziemnych i przeprowadzenie bilansu wodnogospodarczego z uwzględnieniem oddziaływań z wodami powierzchniowymi: Etap III. Raport PSH z zadania 21 w 2009 r. Centr. Arch. Geol. PIG-PIB, Warszawa.

PRZYTUŁA E. (kierownik zadania), 2011 — Ustalenie możliwych do zagospodarowania zasobów wód podziemnych i przeprowadzenie bilansu wodnogospodarczego z uwzględnieniem oddziaływań z wodami powierzchniowymi: Etap IV. Raport z zadania 21 PSH w 2010 r., Centr. Arch. Geol. PIG-PIB, Warszawa.

RASTROWA MAPA podziału hydrograficznego Polski (MphP), 2007 — KZGW, www.kzgw.gov.pl

ROCZNIKI HYDROLOGICZNE wód powierzchniowych, 1971–1983 — Dorzecze Wisły i rzeki Przymorza na wschód od Wisły. Wyd. Komunik. Łączn., Warszawa.

ROZPORZĄDZENIE MINISTRA ŚRODOWISKA z dnia 6 listopada 2008 r. w sprawie standardowych procedur zbierania i przetwarzania informacji przez państwową służbę hydrologiczno-meteorologiczną i państwową służbę hydrogeologiczną (Dz.U. 2008, nr 225, poz. 1501).

ROZPORZĄDZENIE MINISTRA ŚRODOWISKA z dnia 23 grudnia 2011 r. w sprawie dokumentacji hydrogeologicznej i dokumentacji geologiczno-inżynierskiej (Dz.U. 2011, nr 291, poz. 1714).

ROZPORZĄDZENIE RADY MINISTRÓW z dnia 27 czerwca 2006 r. w sprawie przebiegu granic obszarów dorzeczy i regionów wodnych (Dz.U. 2006, nr 126, poz. 878 z późn. zm.; Dz.U. 2010, nr 130, poz. 874).

SADURSKI A., 1985 — Warunki hydrochemiczne utworów kredowych w rejonie Gdańska. *Kwart. Geol.*, **29**, 2: 405–418.

SADURSKI A., 1989 — Górnokredowy system wód podziemnych Pomorza Wschodniego. *Zesz. Nauk. AGH*, **46**.

SAWICKI J., 1977 — Elementy bilansu wodnego zlewni rzeki Widawki w rejonie kopalni Bełchatów. *Górn. Odkryw.*, **1/2**: 3–7.

SZYMANKO J., 1980 — Koncepcja systemu wodonośnego i metod jego modelowania. Wyd. Geol., Warszawa.

TYSZEWSKI S., OKRUSZKO T., 1994 — Wykorzystanie bilansu wodnogospodarczego do wyboru optymalnego wariantu gospodarowania wodą (w dolinie Biebrzy Środkowej). *Zesz. Nauk. AR Wroc. Konf.*, **5** (248), 1: 305–313.

TYSZEWSKI S. i inni, 2008 — Metodyka opracowania warunków korzystania z wód regionu wodnego oraz warunków korzystania z wód zlewni. PROWODA, Warszawa.

USTAWA PRAWO WODNE z dnia 18 lipca 2001 r. — Obwieszczenie Marszałka Sejmu Rzeczypospolitej Polskiej z dnia 10 stycznia 2012 r. w sprawie ogłoszenia jednolitego tekstu ustawy – Prawo wodne (Dz.U. 2012, nr 0, poz. 145).

USTAWA PRAWO GEOLOGICZNE I GÓRNICZE z dnia 4 lutego 1994 r. (Dz.U. 1994, nr 27, poz. 96).

USTAWA PRAWO GEOLOGICZNE I GÓRNICZE z dnia 9 czerwca 2011 r. (Dz.U. 2011, nr 163, poz. 981) obowiązująca od 1.01.2012 r.

WALTON W.C., 1970 — Groundwater resource evaluation. McGraw-Hill, New York.

WITOWSKI K., FILIPKOWSKI A., GROMIEC M. J., 2001 — Obliczanie przepływu nienaruszalnego. Poradnik. IMGW, Warszawa.

ZALEWSKA E., 2011 — Tematy geologiczne zamówione przez Ministra Środowiska, zrealizowane w 2010 r. *Prz. Geol*. **59**, 3: 169–75.

Zachowanie nadrzędnej zasady zrównoważonego rozwoju wymaga korzystania z zasobów wodnych w sposób zapewniający zaspokojenie potrzeb przyszłych pokoleń i ochrony środowiska. Stopień wykorzystania zasobów wód podziemnych kontrolowany jest bilansem wodnogospodarczym, w którym porównywany jest pobór wód podziemnych z zasobami dostępnymi do zagospodarowania.

Publikacja, pierwsza z trzech części, odnosi się do dorzecza Wisły wraz z Żuławami Wiślanymi oraz zlewniami rzek Przymorza Wschodniego – Redy, Łeby, Łupawy i Słupi oraz Pasłęki – zlewni Zalewu Wiślanego. Przedstawia syntetyczne wyniki prac dotyczących ustalenia możliwych do zagospodarowania zasobów wód podziemnych i przeprowadzenia bilansu wodnogospodarczego. W bilansach uwzględniono zasoby dyspozycyjne ustalone w warunkach średniej wieloletniej odnawialności wód podziemnych oraz zasoby gwarantowane, określone dla okresu lat posusznych, reprezentatywnego dla bilansowanego systemu wodonośnego.

Wyznaczenie zasobów gwarantowanych pozwoliło na bilansową identyfikację stanu rezerw zasobów wód podziemnych dostępnych do zagospodarowania oraz ocenę wpływu poboru wód podziemnych i sposobu ich użytkowania na przepływ rzeczny w przekroju zamykającym bilansowaną zlewnią. W dominującej części analizowanych obszarów bilansowych dorzecza Wisły, rezerwy zasobów wód podziemnych dostępnych do zagospodarowania w warunkach aktualnego poboru wód podziemnych są znaczne i najczęściej wynoszą: 80–90% zasobów dyspozycyjnych (lub perspektywicznych, zależnie od stanu udokumentowania) oraz 70–90% zasobów gwarantowanych. Poza obszarami bilansowymi w regionie wodnym Małej Wisły – z których jeden (GL-II Mała Wisła) zagrożony jest deficytem zasobów, a drugi (GL-III Przemsza) wykazuje deficyt – rezerwy zasobów dyspozycyjnych i gwarantowanych w obszarach bilansowych wydzielonych w dorzeczu Wisły przekraczają 50% ustalonych w nich zasobów.

ISBN 978-83-7538-968-5