

MONITORING I OCENA STANU WÓD PODZIEMNYCH

Bogusław Kazimierski, Ewa Pilichowska-Kazimierska

Kazimierski B., Pilichowska-Kazimierska E., 2006: Monitoring i ocena stanu wód podziemnych (*The monitoring and estimate of the underground water condition in Poland*), Monitoring Środowiska Przyrodniczego nr 7, s. 9-19, Kieleckie Towarzystwo Naukowe, Kielce.

Zarys treści: Przystąpienie Polski do Unii Europejskiej i implementacja ustawodawstwa europejskiego spowodowały zasadnicze zmiany w gospodarowaniu i ochronie zasobów wodnych. Jednym z podstawowych instrumentów gospodarki wodnej jest monitoring wód, którego zadaniem jest wskazywanie obszarów gdzie zagrożone są ich zasoby, zarówno pod względem ilości i jakości, a następnie śledzenie skutków podejmowanych działań naprawczych.

Słowa kluczowe: hydrogeologia, wody podziemne, monitoring wód podziemnych, jakość wód podziemnych

Bogusław Kazimierski, Państwowy Instytut Geologiczny, boguslaw.kazimierski@pgi.gov.pl

Ewa Pilichowska-Kazimierska, Uniwersytet Warszawski, Wydział Geologii, ewa.kazimierska@uw.edu.pl

1. Wprowadzenie

Ważne miejsce w gospodarce i ochronie zasobów wód oraz określaniu wpływu ich stanu na ekosystemy lądowe i wodne od nich zależne poświęcono, w Ramowej Dyrektywie Wodnej Unii Europejskiej (RDW, 2000), monitoringowi wody w tym również monitoringowi wód podziemnych. Monitoring ma dostarczać danych i informacji przetworzonych dla oceny nie tylko stanu wód oraz podejmowania decyzji w zakresie gospodarowania wodami, ale również dla ochrony tych wód oraz środowiska naturalnego korzystającego z wody i zależnego od warunków wodnych.

Wdrożenie Dyrektywy najpierw do prawa polskiego [ustawy Prawo Wodne (2001) i wydanych na jej podstawie rozporządzeń], a następnie metodologii i praktyki organizacji i funkcjonowania monitoringu, spowodowało konieczność gruntownych zmian w zakresie i sposobie funkcjonowania monitoringu wód podziemnych. Przede wszystkim zmienił się obiekt

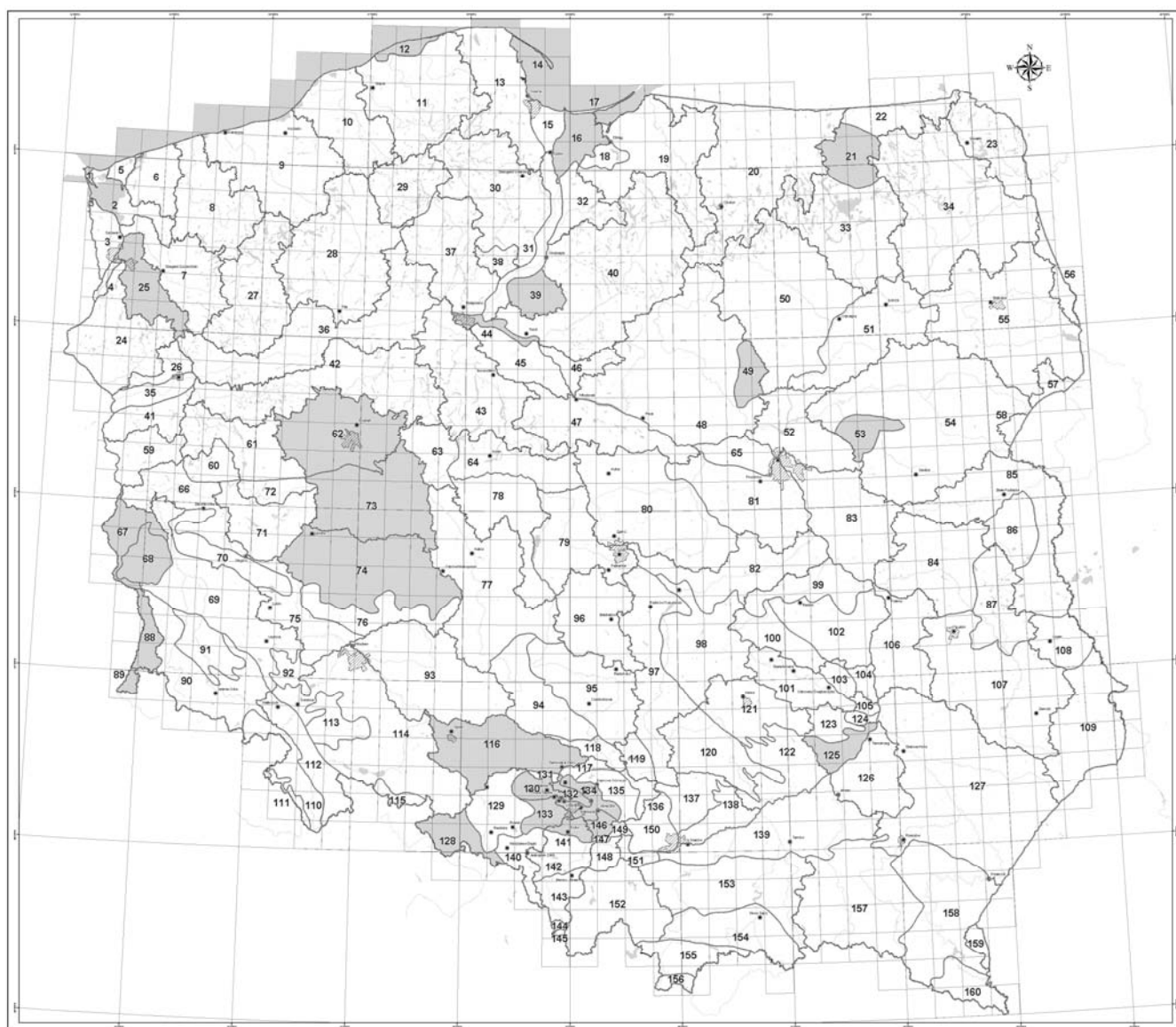
badań, którym dotychczas były wody głównych użytkowych poziomów wodonośnych, a więc wody występujące zwykle w głębszych, izolowanych od powierzchni zbiornikach podziemnych wykształconych w obrębie przepuszczalnych (skał litych spękanych lub porowatych) struktur geologicznych. Obecnie przedmiotem badań są *jednolite części wód podziemnych* (JCWPd).

W skali kraju za monitoring wód podziemnych odpowiada Państwowa Służba Hydrogeologiczna (PSH), której zadania realizuje Państwowy Instytut Geologiczny. Prowadzi ona pomiary w *sieci obserwacyjno-badawczej wód podziemnych*, o zasięgu ogólnokrajowym. W oparciu o wyniki własnych badań i wyników monitoringu uzyskanych od innych podmiotów przedstawia informacje o stanie wód podziemnych, które są rozpowszechniane za pomocą wydawnictw: Kwartalnego Biuletynu Informacyjnego Wód Podziemnych, Rocznika Hydrogeologicznego, Prognoz i Komunikatów o Sytuacji Hydrogeologicznej.

2. Przedmiot badań monitoringu

Przedmiotem badań są *jednolite części wód podziemnych* (JCWPd), definiowane jako „(...) określona objętość wód podziemnych występująca w obrębie warstwy wodonośnej lub zespołu warstw wodonośnych”. Pojęcie to nawiązuje do funkcjonującego w hydrogeologii polskiej pojęcia *zbiorowiska wód podziemnych* definiowanego jako „woda wolna znajdująca się w strefie saturacji w utworach skalnych” (Pazdro, 1977; Gołąb, 1964 vide Szymanko, 1980), choć zbiorowisku wód nie przypisywano konkretnych granic. Przy wydzielaniu zasięgów poszczególnych JCWPd decydujące znaczenie miały warunki krążenia

wód wynikające z położenia stref zasilania i drenażu, zasięgi zlewni i dorzeczy, a nawet obszary administrowania wodą: regiony wodne, zlewnie bilansowe, drugorzędne – przebieg i wykształcenie skalnych struktur wodonośnych. JCWPd jest strukturą złożoną, bowiem może w jej skład wchodzić wiele poziomów wodonośnych ułożonych pionowo. Główne zainteresowanie, zgodnie z zaleceniami RDW i Prawa Wodnego, monitoring zwraca na wody gruntowe o zwierciadle swobodnym, a więc te, które pozostają pod najsilniejszą presją czynników zewnętrznych naturalnych i antropogenicznych i od których w największym stopniu zależy stan ekosystemów. W roku 2004 na obszarze Polski zostało wydzielonych i wstępnie



Ryc.1. Jednolite części wód podziemnych wydzielone na terenie Polski. Barwą ciemniejszą zaznaczone JCWPd zagrożone nie spełnieniem wymagań środowiskowych RDW.

Fig. 1. Homogenous of underground waters parts separated on Poland terrain. Red colour noted JCWPd menaced environmental fulfilling conditions RDW.

scharakteryzowanych 160 JCWPd. Mapę przedstawiającą JCWPd ze wskazaniem jednolitych części zagrożonych nie spełnieniem wymagań środowiskowych RDW prezentuje ryc. 1.

RDW zaleca by monitoringiem objąć wszystkie JCWPd, które są lub mogą być eksploatowane w ilości minimum 100 m³/d oraz od których są zależne ekosystemy lądowe lub wodne. Oznacza to, że w warunkach Polski monitoringiem należy objąć wszystkie JCWPd.

3. Sieć obserwacyjna i punkt badawczy

Zmiany zasad organizacji monitoringu spowodowały, że odstąpiono od wydzielania sieci punktów badawczych w zależności od zasięgu ich działania (sieć krajowa, regionalne, lokalne) na rzecz zintegrowanej sieci z punktami pełniącymi różne zadania związane z zakresem badań, rozlokowane w obrębie poszczególnych JCWPd. Przepisy unijne (propozycja Dyrektywy Wód Podziemnych, 2005) zalecają by punkty w sieci rozmieszczone były równomiernie, a gdy jest to niemożliwe do osiągnięcia – reprezentatywnie. Równomierność rozmieszczenia punktów badawczych ma na celu uzyskanie reprezentatywności ocen statystycznych związanych z agregacją / uśrednianiem parametrów pomierzonych w punkcie na obszar JCWPd. Za kryteria reprezentatywności można przyjąć: siłę oddziaływania presji, dynamikę wód, komplikację warunków hydrogeologicznych, znaczenie badanej JCWPd dla zaopatrzenia w wodę lub dla stanu związanych z nią ekosystemów lądowych lub wodnych. Należy zwrócić uwagę, że tak ustalone kryteria powodują, iż głównym przedmiotem badań monitoringowych będą poziomy wód gruntowych.

Sieć monitoringu została tak zaprojektowana by umożliwiała prowadzenie wiarygodnej oceny stanu i trendu zmian stanu ilościowego i chemicznego wód podziemnych we wszystkich objętych monitoringiem jednolitych częściach (Kazimierski i inni, 2005). Liczba punktów, czy też gęstość sieci powinna być zróżnicowana, i uwzględniać następujące czynniki:

- stopień komplikacji budowy geologicznej, warunków geologicznych i presji oddziałujących na wody podziemne,
- stopień zagrożenia niespełnieniem warunków środowiskowych, w tym przypadku gęstość sieci powinna być wystarczająca dla oceny wpływu poboru wód, mającego charakter ponadlokalny.

W ramach sieci obserwacyjno-badawczej wyróżniono punkty spełniające zadania:

- monitoringu ilości,
- monitoringu chemicznego: diagnostycznego, operacyjnego i badawczego.

Gęstość sieci obserwacyjnej może być podana jako liczba punktów badawczych przypadających na powierzchnię terenu wyrażoną w km² (np. 1000 lub 100 km²) lub powierzchnią terenu wyrażoną w km³ przypadającą na 1 punkt badawczy.

Część punktów spełniać może zadania obu typów monitoringu. Specjalnego traktowania i ułożenia większej liczby punktów badawczych wymagają te JCWPd, które mają:

- charakter transgraniczny, tj. przekraczają granicę państwa. Tu liczba i położenie punktów powinno umożliwić dodatkowo ocenę kierunku i wielkości przepływów (np. drogą określenia spadków hydraulicznych) w obrębie poziomów wodonośnych kontynuujących się na terenie przynajmniej jednego państwa sąsiedniego,
- obszarów chronionych, z uwzględnieniem charakteru i celu ochrony (np. ze względu na ekosystemy lądowe zależne od wód podziemnych, obszary alimentacji), które zostały wydzielone odrębnymi procedurami.

Biorąc to wszystko pod uwagę przewiduje się, że sieć obserwacyjno-badawcza, której projektowanie zakończono w listopadzie 2005 roku, składała się będzie docelowo z około 1200 – 1500 punktów, a wody gruntowe ujmowało będzie nie mniej jak 60% punktów badawczych.

Wybór lokalizacji punktu badawczego w obrębie JCWPd, zależał będzie od zadania stawianego przed danym punktem, które powinno być indywidualnie dobierane dla każdego z nich (np. obserwacje warunków zasilania infiltracyjnego, reakcja na wymuszenia naturalne lub sztuczne, warunki dostarczania wody ekosystemom lądowym, ustalenie kierunku filtracji, zmiany składu chemicznego wywołane ogniskami zanieczyszczeń obszarowymi, liniowymi czy punktowymi, itd.). Dopuszczalne jest by w obrębie różnych JCWPd zakres i terminy badań były zróżnicowane. Punktami badawczymi monitoringu są: punkty obserwacyjne zwierciadła wody podziemnej, punkty badawcze parametrów fizykochemicznych wód podziemnych, a więc stacje hydrogeologiczne, piezometry i obudowane źródła. Punkty te muszą spełniać szereg wymagań co do ich konstrukcji i wyposażenia. Przykładowo na ryc. 2 przedstawiono różne sposoby uj-

Różne sposoby wykonania hydrogeologicznych otworów wiertniczych

1	2	3	4	5
Pojedynczy otwór ujmujący całą miąższość warstwy	Pojedynczy otwór ujmujący strefowo całą miąższość warstwy	Trzy piezometry umieszczone w jednym otworze wiertniczym w różnych poziomach wodonośnych	Trzy otwory rozmieszczone wzdłuż linii, ujmujące różne poziomy wodonośne	Piezometry typu „multi-leave!”

Ryc. 2. Sposoby wykonywania otworów hydrogeologicznych, z uwagi na sposób ujmowania warstwy wodonośnej i ich przydatność dla celów monitoringu

Fig. 2. *Methods of hydrogeology holes with regard after the manner of the water-bearing layer capturing and their usefulness for monitoring aims*

mowania poziomów wodonośnych przez otwory wiertnicze. W przypadku przeznaczania tych otworów na punkty monitoringu zaleca się, by wykonywano tak jak przedstawiono to w kolumnie 1, 4 lub 5.

4. Zakres i częstotliwość badań

Zarówno RDW jak i poradniki metodyczne Unii Europejskiej (Guidance, 2002) nie regulują szczegółowo sposobu i zakresu monitoringu. Opracowanie szczegółowych rozwiązań pozostawiono państwom członkowskim, co pozwoli im na uwzględnienie lokalnej specyfiki warunków hydrogeologicznych, charakteru i rodzaju presji wywieranych na wody oraz stosowanych dotychczas w monitoringu rozwiązań metodycznych i organizacyjnych. Zwraca się również uwagę, że przyjęty program monitoringu powinien być realistyczny, to jest uwzględniać możliwości finansowe i organizacyjne instytucji go realizującej. Ramowa Dyrektywa Wodna wyróżnia dwa rodzaje monitoringu. W Polsce przyjęto, że realizowane będą one w następujący sposób (patrz też ryc. 3):

- monitoring ilościowy – poprzez kontrolę stopnia szczypania dostępnych zasobów wód podziemnych (realizowanego przez porównanie ilości zasobów z poborem) i poziomu zwierciadła wód podziemnych.
- monitoring chemiczny – poprzez badania parametrów fizykochemicznych wód.

Dostępne zasoby wód podziemnych – oznaczają średnią z wielolecia wielkość całkowitego zasilania określonej jednolitej części wód podziemnych pomniejszoną o średnią z wielolecia wielkość przepływu wymaganego do osiągnięcia określonych na mocy art. 4 celów jakości ekologicznej dla związanych z nią wód powierzchniowych, tak by nie dopuścić do znacznego pogorszenia stanu ekologicznego takich wód, oraz do powstania wszelkich szkód w związanych z nimi ekosystemach lądowych.

Monitoring stanu ilościowego bazuje na pomiarach dostępnych zasobów wód, ilości ich poboru oraz poziomu zwierciadła bądź wydajności źródeł. Ocena stanu wód odbywa się na zasadzie kontroli spełniania określonych kryteriów ilościowych. W przypadku oceny stanu szczypania zasobów sprawdzane jest czy

dostępne zasoby wód podziemnych są wyższe niż ich pobór. W przypadku pomiaru położenia zwierciadła lub wydajności źródła kontrolowany jest wpływ poboru wód podziemnych na ich zmiany, w kontekście kryteriów hydrologicznych i środowiskowych określonych dla badanych JCWPd..

Ocena stanu ilościowego odbywa się z częstotliwością skorelowaną z terminami opracowywania planów gospodarowania wodami, to jest raz na 6 lat. Można ją wykonywać częściej np. co 3 lata. Badania poziomu wody, niezbędne również dla oceny dynamiki i trendów zmian zasobów (pośrednio przez ocenę zmian retencji) wykonywane są z większą częstotliwością, np. 1 raz na tydzień lub miesiąc.

W monitoringu stanu chemicznego wydzielono trzy typy: diagnostyczny, operacyjny badawczy, którym przypisano różne zadania.

1. Monitoring diagnostyczny służy do dokonywania oceny i weryfikacji wpływu działań antropogenicznych na stan wód powierzchniowych i podziemnych oraz dla oceny długookresowych zmian stanu wód. Wyniki tego monitoringu służą do zaprojektowania monitoringu operacyjnego. Celem monitoringu diagnostycznego jest:

- uzupełnienie i sprawdzenie procedury oceny wpływu antropopresji na wody podziemne,
- dostarczenie informacji do oceny długoterminowych tendencji zmian stężeń substancji zanie-

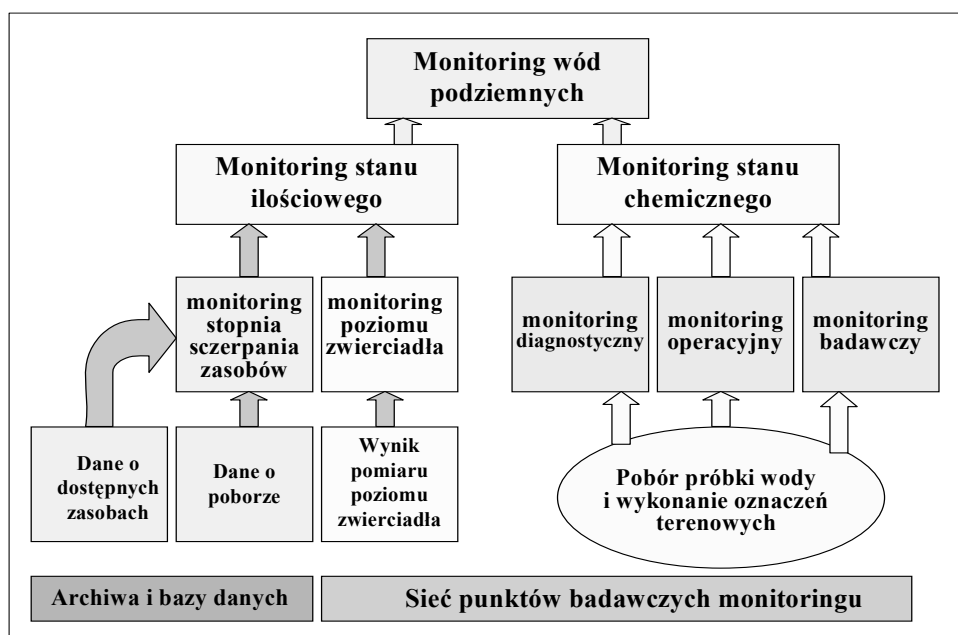
czyszczających, wynikających zarówno ze zmian warunków naturalnych, jak również na skutek działalności antropogenicznej.

Zakres badań monitoringu diagnostycznego obejmuje następujące wskaźniki:

- wskaźniki ogólne: odczyn, ogólny węgiel organiczny, przewodność w 20 °C, temperatura, tlen rozpuszczony,
- wskaźniki nieorganiczne: amoniak, arsen, azotany, bar, bor, chlorki, chrom, cynk, fluorki, fosforany, glin, kadm, magnez, mangan, miedź, nikiel, ołów, potas, siarczany, sód, wapń, wodorowęglany, żelazo,
- substancje organiczne: AOX – adsorbowane związki chloroorganiczne,

Może on być rozszerzony o wskaźniki, które mogą wystąpić w wodach z uwagi na wykonaną identyfikację ognisk zanieczyszczeń i może być różnicowany w obrębie poszczególnych JCWPd. Wskazane jest, by zakres monitoringu diagnostycznego, wykonywanego po raz pierwszy, lub wykonywanego w otworze włączanym po raz pierwszy do monitoringu należy rozszerzyć przynajmniej do zakresu obejmującego wszystkie wskaźniki umieszczone w tabeli klasyfikacji jakości wód podziemnych.

Monitoring operacyjny musi dostarczać danych monitoringowych niezbędnych do uzyskania odpowiedniego poziomu ufności przy klasyfikowaniu za-



Ryc. 3. Schemat funkcjonowania monitoringu, uwzględniający podział na monitoring stanu ilościowego i chemicznego wód podziemnych
 Fig. 3. Chart working the monitoring, the taking into account division of quantitative state and chemical of the underground water monitoring.

grożonych niespełnieniem celów środowiskowych jednolitych części wód o stanie słabym, albo o stanie dobrym, lub wykrycia znaczących trendów wzrostowych zanieczyszczeń. Celem tego monitoringu jest:

- ustalenie stanu chemicznego wszystkich jednolitych części wód podziemnych lub grup jednolitych części wód podziemnych określonych jako zagrożone,
- ustalenia obecności jakichkolwiek spowodowanych działalnością antropogeniczną długoterminowych trendów wzrostu stężenia wszelkich zanieczyszczeń.

Zakres badań monitoringu operacyjnego obejmuje następujące wskaźniki:

- wskaźniki obligatoryjne: temperatura, przewodność, odczyn pH, tlen rozpuszczony, amoniak, azotyny, azotany, Cl, SO₄, PO₄, HCO₃, Na, K, Ca, Mg, Mn, Fe,
- wskaźniki, które w monitoringu diagnostycznym i wcześniejszych badaniach monitoringu operacyjnego zaliczono do klas IV lub V oraz charakterystyczne dla wywieranych w danej JCWPd presji.

Częstotliwość badań w monitoringu stanu chemicznego przedstawiono niżej w tabeli 1.

Monitoring badawczy służy, w miarę potrzeby, do poszerzenia rozpoznania dokonanego w ramach monitoringu diagnostycznego oraz rozpoznania przyczyn, wielkości i wpływu incydentalnego zanieczyszczenia. Monitoring badawczy może być przeprowadzony dla dokonania oceny stanu jednolitych części, określonych jako zagrożone nieosiągnięciem celów środowiskowych, dla których nie został jeszcze ustalony monitoring operacyjny.

Tab. 1. Częstotliwość badań chemizmu wód w monitoringu stanu chemicznego

Tab. 1. *Frequency of water chemistry investigations in chemical state monitoring*

Typ zwierciadła	Typ monitoringu	
	Diagnostyczny	Operacyjny
Swobodne	Co 3 lata	Co ½ roku
Napięte	Co 6 lat	Co rok

5. Interpretacja i prezentacja wyników

Na podstawie wyników monitoringu dokonywana jest ocena stanu wód, odrębnie stanu ilościowego i chemicznego. Ocena wykonywana jest najpierw dla wody w punkcie badawczym (ocena punktowa), a następnie w wyniku zastosowania procedury uśrednia-

jącej w obrębie poszczególnych jednolitych części wód (ocena obszarowa).

Stan ilościowy wód jest dobry, gdy spełnione są kryteria polegające na zachowaniu choćby minimalnej rezerwy zasobów. Zapewnia to utrzymanie przepływów nienaruszalnych rzek i poziomu wody podziemnej odpowiedniego dla występujących ekosystemów lądowych.

Na szacowanie zasobów dostępnych składa się wykonanie następujących czynności:

- Identyfikacja formy rozpoznania zasobów wód podziemnych w obszarze jednolitej części wód podziemnych.
- Analiza modelu pojęciowego jednolitej części; porównanie schematu hydrogeologicznego obszaru bilansowego zasobów dyspozycyjnych z modelem. W razie potrzeby - uszczegółowienie modelu pojęciowego o elementy niezbędne dla przeprowadzenia analizy porównawczej.
- Porównanie schematu hydrogeologicznego zlewni bilansowej zasobów perspektywicznych z modelem pojęciowym. W razie potrzeby – uszczegółowienie modelu pojęciowego o elementy niezbędne dla przeprowadzenia analizy porównawczej.
- Ustalenie sposobu przeniesienia zasobów dyspozycyjnych i/lub perspektywicznych z obszaru bilansowego i/lub zlewni bilansowej na obszar jednolitej części wód podziemnych (np. analogia hydrogeologiczna z wykorzystaniem map określających warunki infiltracji efektywnej).
- Przeprowadzenie obliczeń dostępnych zasobów wód podziemnych dla obszaru jednolitej części wód podziemnych.

Ocena stanu ilościowego wód podziemnych w jednolitych częściach wykazujących słaby stan ilościowy i zagrożonych osiągnięciem słabego stanu ilościowego, podlega weryfikacji w ramach sporządzania warunków korzystania z wód zlewni, z wykorzystaniem ustalenia zasobów dyspozycyjnych wód podziemnych dla jednolitej części wód podziemnych jako obszaru bilansowego (w trybie przewidzianym przez Prawo geologiczne i górnicze).

Ocena wyniku analizy położenia zwierciadła wód podziemnych dokonywana jest w następujących przypadkach.

- W JCWPd uznanych w wyniku wstępnej oceny stanu lub monitoringu diagnostycznego za zagrożone lub o stanie słabym.
- W obrębie JCWPd gdzie na obszarze powyżej 50% jego powierzchni występują w sposób ciągły po-

ziomy wód gruntowych lub użytkowych o zwierciadle swobodnym.

- W JCWPd gdzie odbywa się skupiony pobór wód w celu zaopatrzenia w wodę (np. aglomeracje miejskie zaopatrywane w wodę ze źródeł wód podziemnych), lub funkcjonują systemy odwodnień górniczych.
- W obszarach występowania ekosystemów lądowych od wód podziemnych zależnych oraz obszarach chronionych. Tutaj ograniczenia dla dopuszczalnych zmian położenia zwierciadła wód gruntowych są zawarte w programach ochrony terenów podmokłych oraz siedlisk łąkowych i leśnych zależnych od wód podziemnych, jako składników środowiska naturalnego o istotnym znaczeniu dla zachowania gatunków fauny i flory, w szczególności objętych Europejską Siecią Ekologiczną specjalnych obszarów ochrony, pod nazwą Natura 2000. Wykazy obszarów ochronnych sporządzają poszczególne Regionalne Zarządy Gospodarki Wodnej dla administrowanych przez nie części dorzecza (regionu wodnego). Ustalenia, obejmujące wskazania hydrogeologiczne dla ekosystemów lądowych od wód podziemnych zależnych, są zawarte w warunkach korzystania z wód regionu wodnego i zlewni. Analiza położenia zwierciadła wód gruntowych dla oceny stanu wód podziemnych w aspekcie jego wpływu na ekosystem, może być dokonana na podstawie:
 - wyników pomiarów prowadzonych w otworach obserwacyjnych lokalnego monitoringu chronionego terenu podmokłego;
 - analogii do chronionego terenu podmokłego objętego monitoringiem;
 - ekspertyzy (opinii, oceny oddziaływania lub innego podobnego dokumentu), obejmującej ustalenie stanu wód gruntowych w obszarze chronionego terenu podmokłego;
 - udokumentowanej opinii o braku presji lub oddziaływania na obiekt objęty monitoringiem.

Ocena stanu wód podziemnych obejmuje analizę stopnia spełnienia pożądanych warunków hydrogeologicznych (położenia zwierciadła wód gruntowych) w obszarze ochronnym. Słaby stan wód podziemnych występuje w sytuacji znaczącej zmiany położenia zwierciadła wody w rejonie obszaru ochronnego czyli takiej, która stanowi istotne pogorszenie warunków siedliskowych dla fauny i flory.

- W rejonie występowania zbiorników wód słonych. Tutaj należy ustalić, czy ewentualnie występujące

zmiany położenia zwierciadła płytkich wód gruntowych i/lub wysokości hydraulicznej głębszego poziomu wodonośnego, mogą spowodować ingresję wód słonych ze zbiornika powierzchniowego do wód podziemnych.

Słaby stan wód podziemnych występuje w sytuacji znaczącej zmiany położenia zwierciadła wody czyli takiej, która spowodowała lub może spowodować zasolenie wód podziemnych.

- W obrębie użytkowych poziomów wodonośnych zagrożonych ascencją wód zasolonych. W tym przypadku ocenie podlega ustalenie, czy występuje zmiana wysokości hydraulicznej poziomu wodonośnego, która może spowodować ascencję wód słonych ze zbiornika powierzchniowego do wód podziemnych.

Sposób przeprowadzania oceny stanu ilościowego wód podziemnych można sformułować w sposób następujący.

1. Ocena stanu ilościowego wód podziemnych jest dokonywana dla (każdej) jednolitej części wód podziemnych.
2. Stan ilościowy wód podziemnych określa się zawsze poprzez ustalenie wielkości rezerw zasobów wód podziemnych jednolitej części wód podziemnych i często uzupełnia analizą położenia zwierciadła wód podziemnych.
3. Ustalenie wielkości rezerw zasobów wód podziemnych jest dokonywane poprzez porównanie średniego wieloletniego poboru rzeczywistego z ujęć wód podziemnych, wyrażonego w $m^3/\text{dobę}$, z wielkością dostępnych do zagospodarowania zasobów wód podziemnych, wyrażonych w $m^3/\text{dobę}$, wyznaczonych na podstawie zasobów dyspozycyjnych ustalonych dla obszaru bilansowego, obejmującego daną jednolitą część wód podziemnych. W przypadku, gdy dana jednolita część wód podziemnych nie została w całości objęta obszarem bilansowym, dla którego zostały ustalone zasoby dyspozycyjne, dopuszcza się do czasu ustalenia dla niej zasobów dyspozycyjnych dokonanie porównania opartego o obliczenia z wykorzystaniem zasobów perspektywicznych wód podziemnych.
4. Analiza położenia zwierciadła wód podziemnych obejmuje ustalenie, czy:
 - A) zwierciadło wód podziemnych podlega zmianom antropogenicznym, które mogłyby spowodować:
 - a) niespełnienie celów ekologicznych określonych dla wód powierzchniowych związa-

- nych z jednolitą częścią wód podziemnych; określonych w planie gospodarowania wodami na obszarze dorzecza;
- b) jakiegokolwiek znaczne szkody w ekosystemach lądowych bezpośrednio uzależnionych od jednolitej części wód podziemnych, określonych w planie gospodarowania wodami na obszarze dorzecza;
- B) zmiany kierunku przepływu wód podziemnych, wynikające ze zmian położenia zwierciadła, mogą zdarzać się na krótki przeciąg czasu lub na stałe w ograniczonym obszarze, lecz nie powodując ingresji wód słonych lub innych wód o jakości zagrażającej zanieczyszczeniem wód podziemnych, oraz nie wskazując na trwałe i wyraźnie antropogeniczny trend zmian kierunku przepływu wód, który mógłby spowodować takie ingresje.
5. Stan ilościowy wód podziemnych uznaje się:
- A) za dobry, gdy w jednolitej części wód podziemnych
- a) zasoby dostępne do zagospodarowania są wyższe od średniego wieloletniego rzeczywistego poboru z ujęć,
- b) zwierciadło wód podziemnych nie podlega zmianom antropogenicznym, powodującym występowanie zjawisk określonych wyżej w ust. 4 pkt 1) i 2);
- B) za słaby, gdy w jednolitej części wód podziemnych:
- a) średni wieloletni pobór rzeczywisty z ujęć wód podziemnych jest równy lub wyższy od dostępnych do zagospodarowania zasobów wód podziemnych,
- b) zwierciadło wód podziemnych podlega takim zmianom antropogenicznym, że występuje co najmniej jedno ze zjawisk określonych w ust. 4 pkt 1) i 2).
- C) za zagrożony, gdy analiza trendu zmian zwierciadła wody wskazuje, że w perspektywie roku 2015, w wyniku prognozy zmian poziomu zwierciadła, stan ilościowy (w zakresie bilansu wód lub bezpośredniego wpływu na ekosystemy) lub chemiczny (w wyniku ingresji lub ascencji wód słonych lub zdegradowanych) może być uznany za zagrożony, a stan zagrożenia części wód wykazuje się w odpowiednim zestawieniu tabelarycznym i raporcie; wynik tej oceny kwalifikuje JCWPd do prowadzenia w niej monitoringu operacyjnego

6. Ocena stanu ilościowego wód podziemnych może opierać się wyłącznie na ustaleniu wielkości rezerw zasobów wód podziemnych w sytuacji, gdy nie stwierdza się, że występują oddziaływania mogące mieć znaczący wpływ na ekosystemy lądowe zależne od jednolitej części wód podziemnych.

Wynik oceny prezentowany jest na mapie. JCWPd o stanie ilościowym dobrym oznaczone są barwą zieloną, a o stanie słabym barwą czerwoną.

Stan chemiczny określany jest jako dobry, gdy spełnione są kryteria wynikające z klasyfikacji monitoringowej. Stan chemiczny jest dobry, gdy woda spełnia kryteria klas od 1 do 3, słaby, gdy zalicza się do klas 4 lub 5, zgodnie z tabelą 2, w której przedstawiono propozycje nowej klasyfikacji wód podziemnych zgodnej z zasadami określonymi w RDW (Witczak, 2004) oraz analiza trendu zmian stężeń substancji zanieczyszczających nie ma charakteru wzrostowego. RDW daje możliwość wprowadzania zmian do procedury ocen, a nawet jej indywidualizacji w odniesieniu do poszczególnych JCWPd. Przesłankami do wprowadzenia zmiany w ocenie stanu wód może być charakter wskaźnika, który powoduje zaliczenia wód do klasy 4 lub 5, oraz kierunek zmian stężeń substancji zanieczyszczających lub poziomu zwierciadła wody. *Możemy dopuścić, by wskaźniki przekraczające stężenia progowe określone dla stanu dobrego, nie będące substancjami zanieczyszczającymi i których występowanie w wodzie związane jest z procesami geogenicznymi, były pomijane w klasyfikacji.* Wyraźny trend zwiększania się stężeń substancji zanieczyszczających może być natomiast przesłanką wystarczającą do uznania stanu chemicznego JCWPd za zagrożony lub słaby.

Substancja zanieczyszczająca oznacza każdą substancję mogącą spowodować zanieczyszczenie, szczególnie taką, która jest wymieniona w załączniku VIII do RDW (związki chloroorganiczne i substancje, które mogą tworzyć takie związki w środowisku wodnym; związki fosforoorganiczne; związki cynoorganiczne; substancje i preparaty lub produkty ich rozkładu o udowodnionych właściwościach rakotwórczych lub mutagennych lub właściwościach mogących zakłócać w środowisku wodnym lub przez to środowisko funkcje produkcji steroidów, funkcje tarczycy, reprodukcyjne lub inne funkcje związane z hormonami; trwałe węglowodory oraz trwałe i bioakumulujące się toksyczne substancje organiczne; cyjanki; metale i ich związki; arsenik i jego związki;

Tab. 2. Wartości graniczne wskaźników jakości wody w klasach jakości wód podziemnych¹⁾ (wg. Witczaka, 2004)

Tab. 2. Limits indices for groundwater quality classes (according to Witczak, 2004)

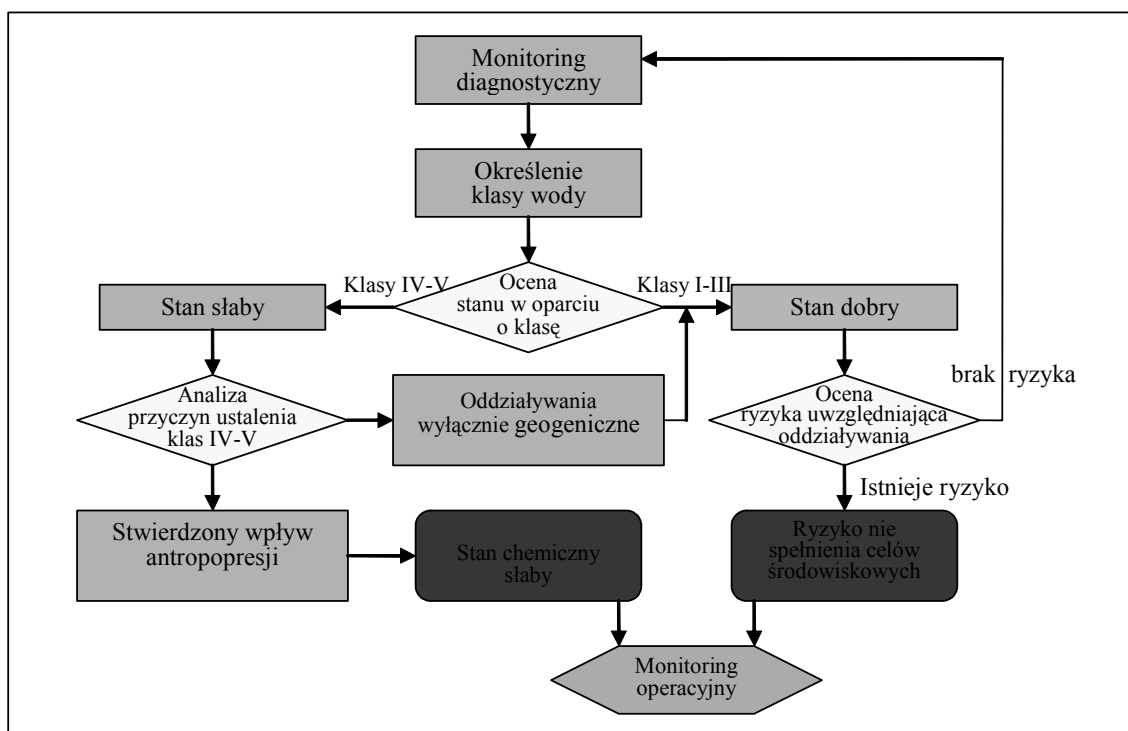
Lp.	Wskaźniki fizykochemiczne wody	Jednostka	Typowe tło hydrogeochemiczne ¹	Wartości graniczne w klasach I-V				
				I	II	III	IV	V
	Grupa wskaźników ogólnych:							
1	Odczyn	pH	6.5 - 8.5	6,5-9,5			<6,5 lub >9,5	
2	Ogólny węgiel organiczny	mg C/l	1 - 10	2	10	10	20	>20
3	Przewodność w 20 °C	µS/cm	200 - 700	700	2 500	2 500	3 000	>3 000
4	Temperatura	°C	4-20	6-10	12	16	25	>25
5	Tlen rozpuszczony	mg O ₂ /l	0 – 5	>1	0,5-1	<0,5	<0,5	<0,5
	Wskaźniki nieorganiczne:							
6	Amoniak	mg NH ₄ /l	0 – 1	0,5	1,0	1,5	3	>3
7	Arsen	mg As/l	0.00005-0.020	0,01	0,01	0,1	0,2	>0,2
8	Azotany	mg NO ₃ /l	0 - 5	10	25	50	100	>100
9	Azotyny	mg NO ₂ /l	0 – 0.03	0,01	0,05	0,10	0,25	>0,25
10	Bor	mg B/l	0.01 – 0.20	0,5	1	1	2	>2
11	Chlorki	mg Cl/l	2 – 60	30	250	300	500	>500
12	Chrom	mg Cr/l	0.0001 – 0.010	0,01	0,05	0,05	0,1	>0,1
13	Cyjanki wolne	mg CN/l	<0.01	0,01	0,05	0,05	0,05	>0,05
14	Cynk	mg Zn/l	0.005 – 0.050	0,05	0,8	3	10	>10
15	Fluorki	mg F/l	0.05 – 0.5	0,5	1	1,5	2	>2
16	Fosforany	mg PO ₄ /l	0.01 – 1.0	0,5	0,5	1	5	>5
17	Glin	mg Al/l	0.05 – 0.1	0,1	0,2	0,5	1	>1
18	Kadm	mg Cd/l	0.0001 – 0.0005	0,001	0,003	0,005	0,01	>0,01
19	Magnez	mg Mg/l	0.5 – 30	30	50	100	150	>150
20	Mangan	mg Mn/l	0.01 – 0.4	0,05	0,4	1	1	>1
21	Miedź	mg Cu/l	0.001 – 0.020	0,01	0,05	0,2	0,5	>0,5
22	Nikiel	mg Ni/l	0.001 – 0.005	0,01	0,02	0,05	0,1	>0,1
23	Ołów	mg Pb/l	0.001 – 0.010	0,01	0,05	0,05	0,2	>0,2
24	Potas	mg K/l	0.5 - 10	10	10	15	20	>20
25	Rtęć	mg Hg/l	0.00005 – 0.001	0,001	0,001	0,001	0,005	>0,005
26	Siarczany	mg SO ₄ /l	5 – 60	50	250	250	500	>500
27	Sód	mg Na/l	1 – 60	60	200	200	300	>300
28	Wapń	mg Ca/l	2 – 200	50	100	200	300	>300
29	Wodorowęglany	mg HCO ₃ /l	60 – 360	200	350	500	500	>500
30	Żelazo	mg Fe/l	0.02 – 5	0,3	1	5	10	>10
	Substancje organiczne:							
31	Benzen	mg/l	0	0,001	0,005	0,010	0,1	>0,1
32	Fenole (indeks fenolowy)	mg/l	0 – 0.001	0,001	0,005	0,01	0,05	>0,05
33	Oleje mineralne (indeks oleju mineralnego)	mg/l	0	0,01	0,01	0,03	0,05	>0,05
34	Pestycydy ²⁾	mg/l	0	0,00001	0,00001	0,0001	0,005	>0,005
35	Substancje powierzchniowo czynne anionowe	mg/l	0	0,1	0,2	0,5	1	>1
36	Tetrachloroeten	mg/l	0 -0.0005	0,001	0,010	0,050	0,1	>0,1
37	Trichloroeten	mg/l	0. – 0.003	0,001	0,010	0,050	0,1	>0,1
38	Wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne ³⁾	mg/l	0.000001-0.00001	0,00001	0,00002	0,00003	0,00005	>0,00005

¹⁾ W przypadku metali podane wartości graniczne odnoszą się do ich formy rozpuszczonej²⁾ Pestycydy obejmują sumę pestycydów i ich metabolitów³⁾ Wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne obejmują sumę: benzo(b)fluorantenu, benzo(k)fluorantenu, benzo(a)pirenu, dibenzo(a,h)antracenu, benzo(g,h,i)perylenu, indeno(1,2,3-cd)pirenu.

biocydy i środki ochrony roślin; substancje w zawiesinie, substancje, które przyczyniają się do eutrofizacji w szczególności azotany i fosforany; substancje, które wywierają niekorzystny wpływ na bilans tlenu (i można dokonać ich pomiaru przy użyciu takich wskaźników jak BZT, ChZT, itp.).

Ocena stanu ilościowego i chemicznego przeprowadzanego na potrzeby monitoringu diagnostycznego,

służy do wskazania JCWPd przeznaczonego do prowadzenia w nich monitoringu operacyjnego. Wszystkie JCWPd uznane w oparciu o analizę wyników monitoringu za zagrożone nie spełnianiem warunków środowiskowych RDW w perspektywie roku 2015, są wskazywane do prowadzenia w nich monitoringu operacyjnego. Schemat takiej procedury przedstawiono na ryc. 4.



Ryc.4. Schemat procedury oceny stanu chemicznego, trendu zmian stężeń i kwalifikowania JCWPd do monitoringu operacyjnego
 Fig. 4. Chart representing the procedure for assessment of chemical status and screening the groundwater body to operational monitoring

Wynik oceny prezentowany jest na mapie w sposób i analogicznymi barwami jak przy ocenie stanu ilościowego wód podziemnych. Dodatkowo przedstawia się charakter trendu zmian stanu chemicznego wód, za pomocą barwnych punktów we właściwych częściach wód. Punkt czarny oznacza rosnącą tendencję wzrostu zanieczyszczeń wynikających z działalności człowieka, punkt niebieski – odwrócenie tego typu tendencji. W interpretacji również określa się też typ i tło chemiczne dla wód podziemnych.

Dyrektywa nakazuje prowadzenie monitoringu na specjalnych zasadach dla obszarów prawnie chronionych. Terenami takimi są obszary wyznaczone w ramach programu Natura 2000 oraz strefy ochronne obszarów zasilania i ujęć wód podziemnych.

6. Podsumowanie

Wprowadzenie Ramowej Dyrektywy Wodnej do systemu legislacyjnego w Polsce pociągnęło za sobą zmiany w dotychczas prowadzonym monitoringu wód podziemnych. Obowiązujące systemy monitoringu wiązały się z ich zasięgiem w planie, tzn. istniał monitoring krajowy, regionalny i lokalny. W ich miejsce wprowadzono system obserwacyjny JCWPd, ukierun-

kowany na kontrolę stanu ilościowego i jakościowego wód podziemnych.

Zmieni się zakres i częstotliwość badań. Ocena ilości wód bazowała będzie porównywaniu monitorowanych ilości dostępnych zasobów wód podziemnych i ich poboru, a nie tylko na śledzeniu zmian poziomu wody. Monitoring chemizmu wód, przez włączenie monitoringu diagnostycznego, operacyjnego i badawczego – prowadzonych w różnych zakresach i częstotliwościach pozwoli optymalizować jego efekty badawcze przy zmniejszonych nakładach finansowych.

Dla prawidłowej realizacji monitoringu konieczne jest podwojenie liczby punktów obserwacyjnych wód podziemnych w Polsce, przede wszystkim wód gruntowych, które dotychczas nie były badane z wystarczającą szczegółowością. Konieczna jest też włączenie punktów obserwacyjnych w strefach przygranicznych i w obszarach prawnie chronionych, wrażliwych na zanieczyszczenia z powierzchni terenu.

Projektowana i będąca na ukończeniu nowa Dyrektywa Wód Podziemnych będzie zawierać procedury opróbowania i analiz fizyczno-chemicznych wód gruntowych oraz określi sposoby ich przetwarzania i gromadzenia w bazach danych.

7. Literatura

- Gołab J., 1964:** *Podstawy racjonalnego ujęcia bilansu hydrologicznego dla obszaru Polski*. Spr. z Czynn. i Podst. Nauk, t.IV, no. 1
- Guidance, 2002:** *Guidance on monitoring for the Water Framework Directive*. Water Framework Directive-Common implementation strategy. Working group 2.7.Monitoring. (dostępne jest tłumaczenie polskie)
- Kazimierski B. i inni, 2005:** *Program monitoringu jednolitych części wód podziemnych* (niepublikowane, Archiwum PIG), Warszawa
- Pazdro Z., 1977:** *Hydrogeologia ogólna*. Wyd. Geologiczne. Warszawa
- Prawo Wodne, 2001:** *Ustawa Prawo Wodne z dnia 18 lipca 2001 r. z późniejszymi zmianami*. Dz. U. z 2001 r. nr 115, poz. 1229
- Propozycja Dyrektywy Wód Podziemnych, 2005:** *Proposal for a Directive of the European Parliament and of the Council on the protection of groundwater against pollution*
- RDW, 2000:** *Dyrektywa 2000/60/EC Parlamentu Europejskiego i Rady Wspólnoty Europejskiej z 23 października*

2000 r. ustalająca ramy działań Wspólnoty w zakresie polityki wodnej

- Szymanko J., 1980:** *Koncepcje systemu wodonośnego i metod jego modelowania*. Wyd. Geologiczne. Warszawa
- Witczak S., 2004:** *Ekspertyza dotycząca weryfikacji kryteriów i sposobu oceny stanu wód podziemnych. Cz.2. Stan chemiczny wód podziemnych* (materiał niepublikowany)

THE MONITORING AND ESTIMATE OF THE UNDERGROUND WATER CONDITION

Summary

The Poland accession to European Union and implementation of European legislation caused for the principle changes in farming and the resource water protection. One of basic instruments of water economics is the monitoring of waters which the task is determinativeness areas where their supplies be menaced, both the quantity and quality relation and the tailing of undertaken repair working results