

OCENA STOPNIA ZANIECZYSZCZENIA WÓD PODZIEMNYCH AZOTANAMI NA PODSTAWIE DANYCH Z MONITORINGU STANU CHEMICZNEGO

ASSESSMENT OF GROUNDWATER NITRATES POLLUTION ON THE BASIS OF GROUNDWATER CHEMICAL STATUS MONITORING DATA

ANNA ROJEK¹, DOROTA PALAK-MAZUR¹, ANNA KOSTKA¹, ANNA KUCZYŃSKA¹

Abstrakt. Do oceny stopnia zanieczyszczenia związkami azotu wód podziemnych wykorzystano wyniki analiz fizyczno-chemicznych próbek wód podziemnych, pobranych w ramach monitoringu stanu chemicznego wód podziemnych w latach 2008–2011. Dane przeanalizowano w odniesieniu do wymogów Dyrektywy Azotanowej (91/676/EWG) i zaleceń Komisji Europejskiej. Analizie poddano średnie i maksymalne wartości stężeń azotanów w punktach monitoringowych z czteroletniego okresu obserwacji, a oceny dokonano w ujęciu całego kraju oraz obszarów szczególnie narażonych na zanieczyszczenia związkami azotu pochodzenia rolniczego (OSN). Dla całego kraju analiza wykazała, że we wszystkich punktach największy procent średnich i maksymalnych stężeń azotanów stanowią wartości poniżej 25 mgNO₃/l. Najmniej wrażliwe na zanieczyszczenie związkami azotu są naporowe wody podziemne. Dla obszarów OSN analiza wykazała, że największy procent punktów monitoringowych, w których średnie i maksymalne wartości stężeń azotanów przekraczają 50 mgNO₃/l, to punkty ujmujące płytkie wody podziemne w przedziale głębokości 0–5 m. Przekroczenia wartości 50 mgNO₃/l dla średnich wartości stężenia azotanów występują głównie w punktach ujmujących wody podziemne o głębokości do stropu warstwy wodonośnej do 20 m.

Analizując tendencję zmian średniego i maksymalnego stężenia azotanów w wodach podziemnych, zauważono, że w płytkich wodach podziemnych (0–5 m) zachodzi najwięcej niekorzystnych zmian zanieczyszczenia azotanami.

Słowa kluczowe: obszary szczególnie narażone na zanieczyszczenia związkami azotu pochodzenia rolniczego (OSN), monitoring stanu chemicznego, wody podziemne.

Abstract. Assessment of groundwater nitrate pollution required data gathered within groundwater chemical status monitoring 2008–2011. The data were analyzed according to the Nitrates Directive (91/676/EWG) and European Commission requirements. We analyzed mean and maximum values of nitrates compounds from the four-year period of time, the assessment was conducted in the aspect of the whole territory of Poland and zones vulnerable to nitrate pollution (NVZ). In the aspect of the whole territory of Poland data analysis showed that in all monitoring points the biggest percentage of mean and maximum values of nitrates concentrations are values lower than 25 mgNO₃/l. The least vulnerable to nitrates pollution are confined aquifers. In the aspect of NVZ zones data analysis showed that the biggest percentage of monitoring points, characterized by mean and maximum values of nitrates concentrations exceeding 50 mgNO₃/l, are capturing shallow groundwater (0–5 meters). The analysis of monitoring points characterized by mean and maximum values of nitrates concentrations exceeding 50 mgNO₃/l showed that most of them capture groundwater at maximum depth of 20 meters. Alteration tendency of mean and maximum values of nitrates concentrations analysis showed that shallow groundwater (0–5 m) are most vulnerable to nitrates pollution.

Key words: zones vulnerable to nitrate pollution (NVZ), chemical status monitoring, groundwater.

WSTĘP

Obowiązkiem każdego państwa członkowskiego Unii Europejskiej, wynikającym z wdrażania Dyrektywy Azotanowej (91/676/EWG), jest dokonywanie cyklicznej oceny stopnia zanieczyszczenia wód powierzchniowych i podziemnych związkami azotu pochodzenia rolniczego. Zgodnie z Dyrek-

tywą, ocena ta może być wykonywana na obszarze całego kraju lub na wyznaczonych obszarach szczególnie narażonych na zanieczyszczenia związkami azotu pochodzenia rolniczego (OSN). W Polsce dokonuje się takiej oceny w obu wymienionych zakresach, biorąc pod uwagę wybrane aspek-

¹ Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy, ul. Rakowiecka 4, 00-975 Warszawa;
e-mail: anna.rojek@pgi.gov.pl, dorota.palak@pgi.gov.pl, anna.kostka@pgi.gov.pl, anna.kuczynska@pgi.gov.pl

ty stanu zanieczyszczenia wód (Rojek, 2012). Dane niezbędne do analiz są zbierane każdego roku, a kompleksowa ocena dokonywana jest w cyklu czteroletnim, zgodnym z planami gospodarowania wodami w dorzeczu. Do ostatniej oceny obejmującej lata 2008–2011 wykorzystano wyniki ponad 4700 analiz fizyczno-chemicznych próbek wód podziemnych pobranych w ramach monitoringu stanu chemicznego wód podziemnych w latach 2008–2011. W sieci krajowej próbowania odbywały się dwa razy w roku w ramach monitoringu operacyjnego w latach 2008, 2009 i 2011 (wiosną: od marca do maja i jesienią: od września do listopada), oraz jeden raz w roku podczas monitoringu diagnostycznego w 2010 r. (od kwietnia do lipca). W sieciach regionalnych próbki wody pobierano od marca do listopada, w ilości od 1 do 6 próbek rocznie.

Dane przeanalizowano w odniesieniu do granicznych wartości stężeń azotanów wg wymogów Dyrektywy Azotanowej (91/676/EWG), zgodnie z klasyfikacją wód przedstawioną w zaleceniach Komisji Europejskiej (tab. 1). Analizie poddano średnie i maksymalne wartości stężeń azotanów w punktach monitoringowych z czteroletniego okresu obserwacji, stosując metody statystyczne zalecane przez Komisję Europejską (Grath, 2011). Zgodnie z zaleceniami Komisji Europejskiej (2011) zawartymi w przewodniku „Status and

Tabela 1

Wartości graniczne do określania wód zanieczyszczonych azotanami zgodnie z Dyrektywą Azotanową 91/676/EWG i poradnikiem „Nitrates’ directive 91/676/CEE. Status and trends of aquatic environment and agricultural practice”

Groundwater quality criteria according to Nitrates Directive and guidance document “Nitrates’ directive 91/676/CEE. Status and trends of aquatic environment and agricultural practice”

Rodzaj wód	Stężenie azotanów [mgNO ₃ /l]			
Wody podziemne	0–24,99	25–39,99	40–50	>50

trends of aquatic environment and agricultural practice” wyszczególniono następujące „przedziały wód” wraz z kodami stacji: **zwierciadło swobodne**: płytkie wody podziemne (0–5 m), kod stacji: 0; głębokie wody podziemne (5–15 m), kod stacji: 1a; głębokie wody podziemne (15–30 m), kod stacji: 1b; głębokie wody podziemne (>30 m), kod stacji: 1c; **zwierciadło napięte**: naporowe wody podziemne, kod stacji: 2; szczelinowo-porowe wody podziemne, kod stacji: 3.

OCENA DLA CAŁEGO KRAJU

W ramach monitoringu stanu chemicznego wód podziemnych w okresie 2008–2011 badania prowadzono w 1177 punktach monitoringowych rozmieszczonych na terenie całego kraju. Analiza danych wykazała, że we wszystkich punktach największy procent średnich i maksymalnych stężeń azotanów (powyżej 68%) stanowią wartości poniżej 25 mgNO₃/l. Największy procent punktów monitoringu krajowego, w których średnie i maksymalne stężenie azotanów

przekracza 50 mgNO₃/l, to punkty ujmujące płytkie wody podziemne w przedziale głębokości 0–5 m i głębokie wody podziemne w przedziale głębokości 5–15 m. Najmniej wrażliwe na zanieczyszczenie związkami azotu są naporowe wody podziemne, które są izolowane od powierzchni terenu słabo-przepuszczalną warstwą nadkładu. W ponad 92% punktów ujmujących te wody, średnie i maksymalne wartości stężeń azotanów nie przekraczają wartości 25 mgNO₃/l (fig. 1, 2).

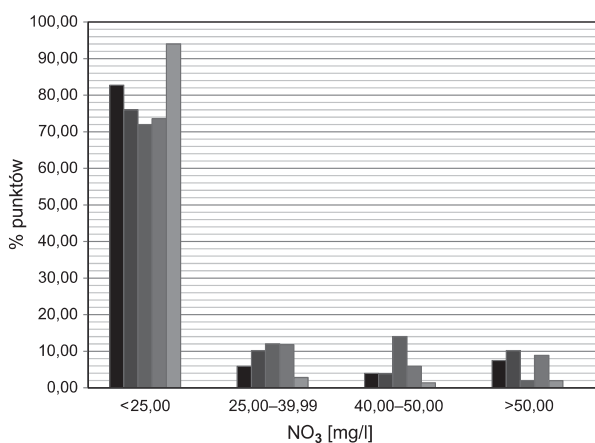


Fig. 1. Klasy jakości ze względu na średnie stężenie azotanów (mgNO₃/l) w wodach podziemnych dla okresu sprawozdawczego, tj. lat 2008–2011 (% punktów pobierania próbek) – monitoring krajowy

Groundwater quality intervals in regard of mean nitrates concentration (mgNO₃/l) for the reporting period of time 2008–2011 (percentage of points where samples were measured) – territory of Poland

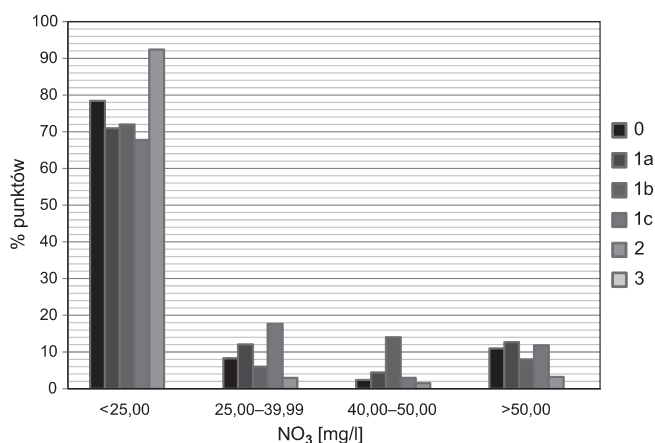


Fig. 2. Klasy jakości ze względu na maksymalne stężenie azotanów (mgNO₃/l) w wodach podziemnych dla bieżącego okresu sprawozdawczego, tj. lat 2008–2011 (% punktów pobierania próbek) – monitoring krajowy

Groundwater quality intervals in regard of maximum nitrates concentration (mgNO₃/l) for the reporting period of time 2008–2011 (percentage of points where samples were measured) – territory of Poland

Z wykonanej statystyki wynika, że procent monitorowanych wód, w których wartości średnich stężeń NO_3 dla okresu 2008–2011 przekraczają tło naturalne ($>10 \text{ mgNO}_3/\text{l}$; górna wartość graniczna I klasy jakości wód wg Rozporządzenia Ministra Środowiska z dnia 23 lipca 2008 r. w sprawie kryteriów i sposobu oceny stanu wód podziemnych, DzU 2008 Nr 143, poz. 896) wynosi 21,7%. Natomiast procent punktów, w których badano wody podziemne zanieczyszczone azotanami ($>50 \text{ mgNO}_3/\text{l}$; dolna wartość graniczna V klasy jakości wód) wynosi zaledwie 5,1%.

Analizując tendencję zmian średniego i maksymalnego stężenia azotanów w wodach podziemnych, korzystano z klas tendencji zmian, proponowanych przez wytyczne Komisji Euro-

pejskiej (poradnik do Dyrektywy Azotanowej 91/767/CEE). W zależności od zmiany wartości stężenia NO_3 wyróżnia się: wzrost silny ($>+5 \text{ mgNO}_3/\text{l}$), wzrost słaby (od $+1$ do $+5 \text{ mgNO}_3/\text{l}$), stabilną klasę (od -1 do $1 \text{ mgNO}_3/\text{l}$), spadek słaby (od -5 do $-1 \text{ mgNO}_3/\text{l}$), spadek silny ($<-5 \text{ mgNO}_3/\text{l}$). Analiza wykazała, że największy procent punktów pomiarowych monitoringu krajowego mieści się dla średniego i maksymalnego stężenia NO_3 w przedziale zmian od -1 do $1 \text{ mgNO}_3/\text{l}$, czyli w stabilnej klasie tendencji zmian. Największy odsetek punktów w stabilnej klasie tendencji zmian znajduje się w przedziale naporowych wód podziemnych – zarówno dla wartości średnich (79,5%), jak i dla wartości maksymalnych (74,38%).

OCENA DLA OBSZARÓW SZCZEGÓLNIE NARAŻONYCH NA ZANIECZYSZCZENIA AZOTANAMI POCHODZENIA ROLNICZEGO (OSN)

W ujęciu obszarów szczególnie narażonych na zanieczyszczenia azotanami pochodzenia rolniczego (OSN) wykorzystano dane z monitoringów regionalnych prowadzonych przez Wojewódzkie Inspektoraty Ochrony Środowiska (WIOŚ) oraz monitoringu krajowego prowadzonego przez Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy (PIG-PIB) w punktach leżących na obszarach OSN oraz znajdujących się w odległości nie większej niż 5 km od granic OSN. Całkowita liczba punktów wyniosła 164, z czego 81 punktów należy do monitoringu regionalnego WIOŚ i 83 do monitoringu krajowego prowadzonego przez PIG-PIB. Analiza danych wykazała, że największy procent punktów monitoringowych, w których średnie i maksymalne wartości stężeń azotanów przekraczają $50 \text{ mgNO}_3/\text{l}$, to punkty ujmujące płytkie wody podziemne w przedziale głębokości 0–5 m. Dla wartości średnich stężenia NO_3 procent ten wy-

nosi 34,48%, a dla wartości maksymalnych 44,83%. Procent punktów w przedziale średnich i maksymalnych wartości stężeń azotanów $>50 \text{ mgNO}_3/\text{l}$ maleje wraz z głębokością. Najmniej wrażliwe na zanieczyszczenie związkami azotu są naporowe wody podziemne. Zarówno średnie, jak i maksymalne wartości stężeń azotanów, w ponad 97% punktów ujmujących naporowe wody podziemne, nie przekraczają wartości $25 \text{ mgNO}_3/\text{l}$. We wszystkich punktach monitoringowych, ujmujących poszczególne rodzaje wód, największy procent – powyżej 51% w przypadku maksymalnych wartości stężeń azotanów i powyżej 55% w przypadku średnich wartości stężeń – stanowią wartości nieprzekraczające $25 \text{ mgNO}_3/\text{l}$. Oznacza to, że pomimo stwierdzonej lokalnie presji rolniczej obserwuje się relatywnie mały wpływ jej oddziaływania na jakość wód podziemnych w kontekście zawartości azotanów (fig. 3, 4).

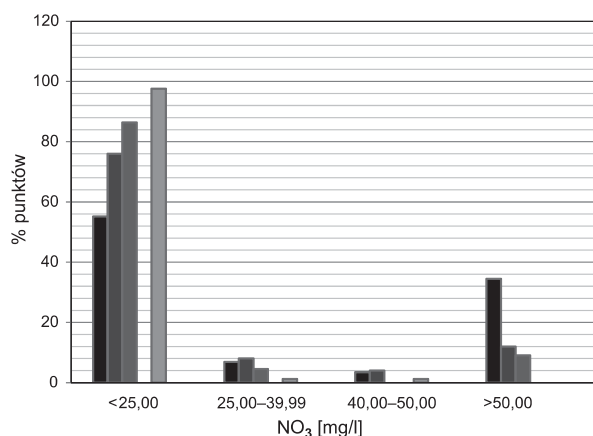


Fig. 3. Klasy jakości ze względu na średnie stężenie azotanów (mgNO_3/l) w wodach podziemnych dla bieżącego okresu sprawozdawczego, tj. lat 2008–2011 (% punktów pobierania próbek) – monitoring na obszarach OSN

Groundwater quality intervals in regard of mean nitrates concentration (mgNO_3/l) for the reporting period of time 2008–2011 (percentage of points where samples were measured) – zones vulnerable to nitrate pollution (NVZ)

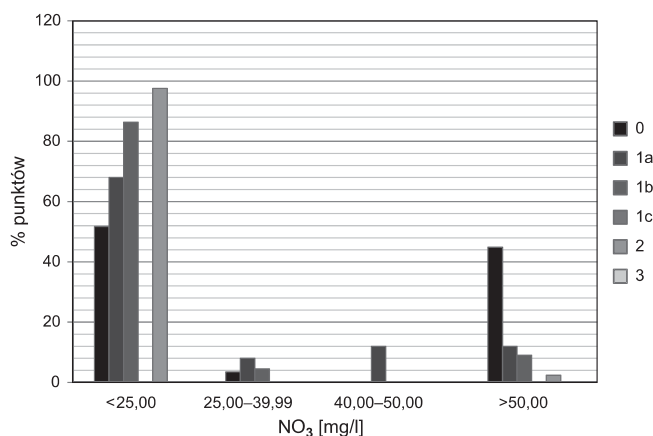


Fig. 4. Klasy jakości ze względu na maksymalne stężenie azotanów (mgNO_3/l) w wodach podziemnych dla bieżącego okresu sprawozdawczego, tj. lat 2008–2011 (% punktów pobierania próbek) – monitoring na obszarach OSN

Groundwater quality intervals in regard of maximum nitrates concentration (mgNO_3/l) for the reporting period of time 2008–2011 (percentage of points where samples were measured) – zones vulnerable to nitrate pollution (NVZ)

W trakcie analizy tendencji zmian średniego i maksymalnego stężenia azotanów w wodach podziemnych zauważono, że spośród wszystkich badanych punktów monitoringowych w obszarach OSN, wśród klas – wzrost silny i wzrost słaby – największy procent stanowią punkty ujmujące płytkie wody podziemne (0–5 m). Oznacza to, że właśnie w tych

wodach zachodzi najczęściej niekorzystnych zmian w kontekście zanieczyszczenia azotanami. Płytkie wody podziemne (0–5 m) stanowią również największy odsetek w klasach spadek słaby i spadek silny. Analiza potwierdza zatem wniosek o największej wrażliwości płytkich wód podziemnych na zanieczyszczenia zawiązkami azotu.

ANALIZA GŁĘBOKOŚCI WYSTĘPOWANIA PRZEKROCZEŃ GRANICZNYCH WARTOŚCI STĘŻEŃ AZOTANÓW WE WSZYSTKICH PUNKTACH MONITORINGOWYCH

Wśród punktów, w których odnotowano przekroczenia wartości progowej stanu dobrego wód podziemnych ($50 \text{ mgNO}_3/\text{l}$) dla średnich wartości stężenia azotanów, zdecydowaną większość stanowiły punkty ujmujące wody podziemne o głębokości do stropu warstwy wodonośnej do 20 m. Podobnie sytuacja przedstawia się przy rozpatrywaniu głębokości do stropu warstwy wodonośnej w punktach, w których średnie stężenie azotanów przekroczyło wartość graniczną 40 i 25 mgNO_3/l (fig. 5). Można zatem stwierdzić, że dokonując oceny stopnia zanieczyszczenia wód podziemnych związkami azotu pochodzenia rolniczego należy prowadzić badania w punktach, których głębokość do stropu warstwy wodonośnej wynosi co najmniej 20 m. Zwiększenie badanego zakresu głębokościowego do ok. 40 m gwarantuje wychwycenie zdecydowanej większości przypadków przekroczenia wartości progowych stężeń azotanów w wodach podziemnych.

Ocena stopnia zanieczyszczenia wód podziemnych związkami azotu pochodzenia rolniczego wykonana została w ramach projektu „Monitoring stanu chemicznego oraz ocena stanu jednolitych części wód podziemnych w dorzeczu w latach 2009–2011” przez pracowników Programu Monitoring Wód Podziemnych PIG-PIB. Projekt wykonany został na zlecenie Głównego Inspektoratu Ochrony Środowiska i sfinansowany ze środków Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej.

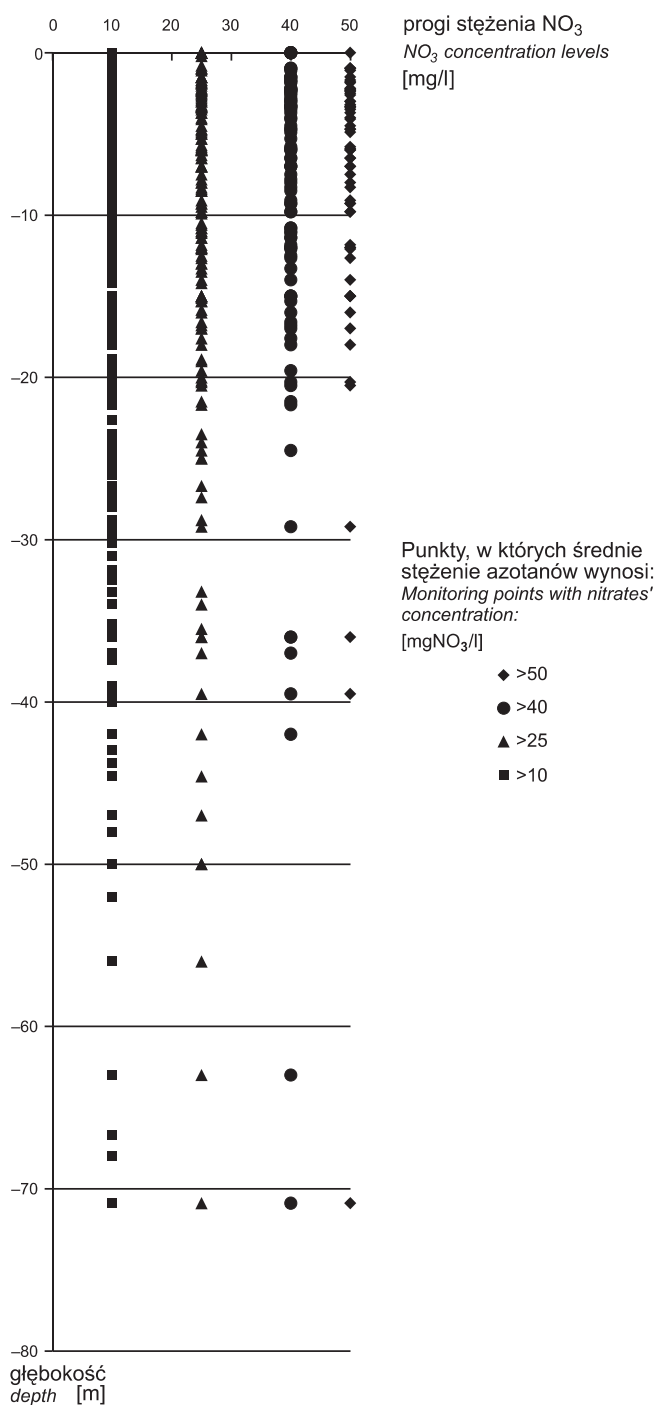


Fig. 5. Głębokość występowania przekroczeń granicznych wartości stężeń azotanów w punktach monitoringowych

Depth of nitrates concentration excess over the groundwater quality criteria

LITERATURA

- DYREKTYWA 91/676/EWG Rady z dnia 12 grudnia 1991 r. dotycząca ochrony wód przed zanieczyszczeniami powodowanymi przez azotany pochodzenia rolniczego (inaczej Dyrektywa Azotanowa).
- GRATH J., SCHEIDLEDER A., UHLIG S., WEBER K., KRALLIK M., KEIMEL T., GRUBER D., 2001 — The EU Water Framework Directive: Statistical aspects of the identification of groundwater pollution trends, and aggregation of monitoring results". Final Report. Komisja Europejska.
- KOMISJA EUROPEJSKA, 2011 — Nitrates' directive 91/676/CEE. Status and trends of aquatic environment and agricultural practice. Poradnik.
- ROJEK A., 2012 — Ocena stopnia zanieczyszczenia wód podziemnych związkami azotu pochodzenia rolniczego. Raport 2008–2011 zakres i forma opracowania wg aktualnych zaleceń KE (Dyrektywa Azotanowa). Etap VII, Zadanie 8. Raport PIG-PIB, Warszawa.

SUMMARY

Assessment of groundwater nitrate pollution required data gathered within groundwater chemical status monitoring 2008–2011. The data were analyzed according to the Nitrates Directive (91/676/EEC) and European Commission requirements. We analyzed mean and maximum values of nitrates compounds from the four-year period of time, the assessment was conducted in the aspect of the whole ter-

ritory of Poland and zones vulnerable to nitrate pollution (NVZ). The analysis of monitoring points characterized by mean and maximum values of nitrates concentrations exceeding 50 mgNO₃/l showed that most of them capture groundwater at maximum depth of 20 meters. Alteration tendency of mean and maximum values of nitrates concentrations analysis was conducted.

