

ROCZNIKI
AKADEMII ROLNICZEJ
W POZNANIU
CCCLVII



MELIORACJE
I INŻYNIERIA
ŚRODOWISKA

POZNAŃ 2004

25

SADŻIDE MURAT-BŁAŻEJEWSKA, MARIUSZ SOJKA

DYNAMIKA ZALEGANIA PŁYTKICH WÓD GRUNTOWYCH W CENTRALNEJ WIELKOPOLSCE NA PRZYKŁADZIE ZLEWNI CIEKU POTASZKA

*Z Katedry Melioracji, Kształtowania Środowiska i Geodezji
Akademii Rolniczej im. Augusta Cieszkowskiego w Poznaniu*

ABSTRACT. The paper presents results of research of shallow groundwater dynamics in the Central Wielkopolska region. The results of the study carried out at the Potaszka stream catchment in 2002 and 2003 hydrological years indicate that groundwater level dynamics is determined by meteorological conditions. There is a relationship between water level in the Potaszka stream and groundwater depth as a function of distance.

Key words: small catchments, groundwater, groundwater dynamics, hydrology

Wstęp

Dynamika zalegania płytkich wód gruntowych jest kształtowana przez czynniki naturalne i antropogeniczne, które mogą działać zbieżnie lub przeciwnie – zarówno w czasie, jak i przestrzeni. Zmienność zalegania płytkich wód gruntowych wykazuje wyraźną roczną cykliczność, uzależnioną przede wszystkim od przebiegu warunków meteorologicznych (opadów i temperatur powietrza) oraz warunków splywu powierzchniowego i podpowierzchniowego (Pływaczyk i Kowalczyk 2002, Maślanka i in. 2003). Pozostałe parametry fizyczno-geograficzne (rodzaj gleby i jej użytkowanie, ukształtowanie terenu, obecność wód powierzchniowych) oddziałują na nie w sposób mniej istotny (Miler i Przybyła 1997).

Potencjalne zdolności retencyjne zlewni rzecznych ulegają zmniejszeniu głównie wskutek nieprawidłowej eksploatacji systemów melioracyjnych i zaniku małych zbiorników wodnych. Zatem prawidłowe oszacowanie wielkości retencji i optymalne kształtowanie stosunków wodnych ma szczególne znaczenie w Wielkopolsce, gdzie zasoby wodne są stosunkowo małe (Kowalczak i in. 1997), a niedobory wody nie tylko zaznaczają się najwyraźniej, lecz ulegają stałemu pogłębianiu.

Celem niniejszej pracy była ocena dynamiki zalegania płytkich wód gruntowych w centralnej Wielkopolsce oraz próba udzielenia odpowiedzi na pytanie, w jakim stopniu dynamika wód podziemnych zależy od warunków meteorologicznych, średniego zalegania zwierciadła wody gruntowej i stanów wód powierzchniowych. W pracy przedstawiono wybrane wyniki badań zmienności stanów wód gruntowych pierwszego poziomu wodonośnego w zlewni cieką Potaszka do przekroju Potasze.

Materiały i metody

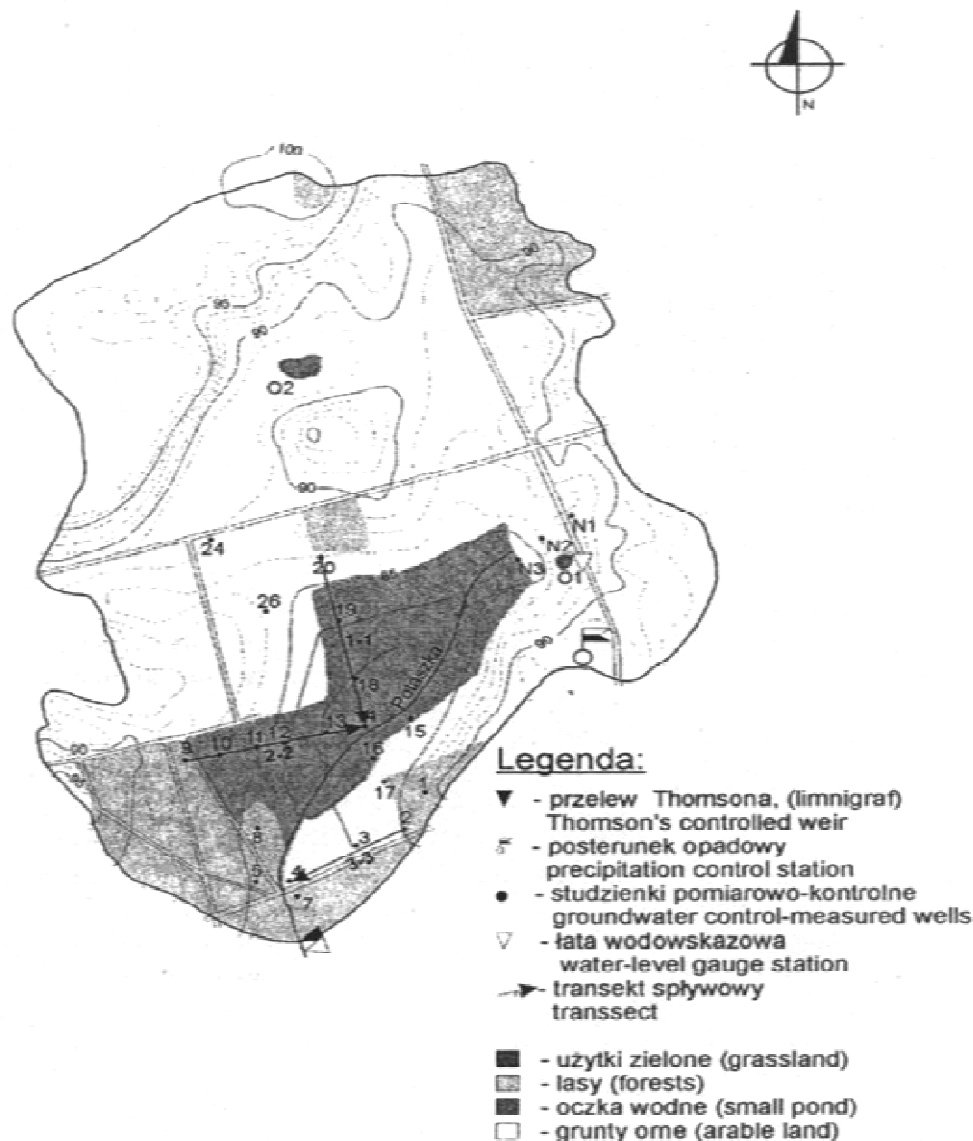
Badania i obserwacje terenowe prowadzone w latach hydrologicznych 2002 i 2003 w zlewni cieką Potaszka do przekroju Potasze obejmowały cotygodniowe pomiary głębokości zalegania zwierciadła wód gruntowych pierwszego poziomu wodonośnego w 23 studzienkach pomiarowo-kontrolnych zlokalizowanych w charakterystycznych punktach zlewni (ryc. 1). Wykonywane były również codzienne pomiary opadów atmosferycznych na własnym posterunku opadowym i ciągłe pomiary stanów wody na przelewie Thomsona w przekroju zamykającym badany obszar. W ramach prac gleboznawczych, w miejscu zainstalowania studzienek wykonano odwierty i odkrywki w 18 typowych profilach glebowych i pobrano próbki gleby do oznaczeń składu granulometrycznego.

W pierwszym etapie obliczeń określono charakterystyczne stany wody gruntowej (minimalne, maksymalne i średnie) w poszczególnych studzienkach, odchylenie standardowe (σ), współczynnik zmienności (c_v), rodzaj gruntu i średnicę miarodajną ziaren d_{50} , a następnie sprawdzono testem Kołmogorowa-Smirnowa zgodność rozkładu obserwowanych wartości z rozkładem normalnym. Dla wytypowanych, w zależności od średniego zalegania zwierciadła wody gruntowej, trzech grup studzienek wyznaczono średnie amplitudy zmian zalegania (Δ), średnie odchylenia standardowe (σ), i średnie współczynniki zmienności (c_v).

W celu określenia wpływu wysokości opadów atmosferycznych i stanów wody w cieką na poziom wód gruntowych, obliczono korelacje pomiędzy tymi wartościami w układzie tygodniowym.

Wyniki i dyskusja

Zlewnia cieką Potaszki, według podziału geomorfologicznego położona jest w centralnej części Wielkopolski na Wysoczyźnie Poznańskiej, około 20 km na północny wschód od granicy Poznania. Długość cieką do przekroju Potasze wynosi około 1 km, a pole powierzchni zlewni 133 ha. Potaszka jest cieką płytkim (średnia głębokość 20-30 cm) i wąskim (średnia szerokość w dnie 50 cm). Rzędne terenu wahają się od 82,9 m n.p.m. do 102,5 m n.p.m. Spadki poprzeczne terenu wynoszą od kilku do kilkunastu promili, a nawet miejscami do 70‰. Średni spadek zlewni wynosi 16‰. Materiałami macierzystymi gleb badanego obszaru są utwory morenowe pochodzące z poznańskiego stadia zlodowacenia bałtyckiego. W badanej zlewni dominują gleby typu bielcowego, wytworzone z piasków. W obniżeniach terenu, gdzie poziom zwierciadła wody gruntowej



Ryc. 1. Zlewnia ciek Potaszka do przekroju Potasze
Fig. 1. Catchment of the Potaszka stream to the Potasze cross-section

znajduje się tuż pod powierzchnią terenu, występują gleby murszowate. Zlewnia ciek Potaszki ma charakter rolniczy, grunty orne zajmują około 75% powierzchni zlewni (około 10 ha jest uprawianych), użytki zielone stanowią 10,3% i lasy 14,7%. W badanej zlewni znajdują się dwa niewielkie oczka wodne, otoczone odłogowanymi gruntami ornymi.

Analizę przebiegu warunków meteorologicznych w zlewni ciek Potaszki do przekroju Potasze w latach hydrologicznych 2002 i 2003 wykonano na podstawie rocznych i półrocznych sum opadów atmosferycznych i średnich rocznych temperatur powietrza, pomierzonych na własnej stacji opadowej w Potaszach na tle pomiarów z wielolecia 1970-2003 ze stacji Arboretum Zielonka. W wieloleciu 1970-2003 średni roczny wskaźnik opadu nie skorygowanego wyniósł 558 mm, w tym 217 mm w półroczu zimowym, 341 mm w letnim. Średnia roczna temperatura tego wielolecia wyniosła 8°C.

Rok hydrologiczny 2002 był rokiem przeciętnym (suma rocznego opadu stanowiła 110% średnich wieloletnich sum opadów) i ciepłym (średnia temperatura roku była wyższa o 1,3°C od średniej z wielolecia). W półroczu zimowym suma opadu była wyższa o 53 mm od średniej z wielolecia, co pozwala zaliczyć to półrocze do wilgotnego. Natomiast suma opadu w półroczu letnim była zbliżona do średniej z wielolecia. Kolejny rok badań 2003 był rokiem suchym, o sumie opadu niższej o 35% od średniej z wielolecia i ciepłym, o temperaturze wyższej o 0,6°C. Półrocza zimowe i letnie tego roku były również suche, o sumach opadów odpowiednio niższych o 61 mm i 137 mm.

W okresie badań w zlewni cieką Potaszki wody gruntowe w analizowanych studzienkach zalegały od 2 cm p.p.t. do 434 cm p.p.t. W tabeli 1 zestawiono charakterystyczne stany wody gruntowej (minimalne, maksymalne i średnie), odchylenie standardowe, współczynnik zmienności, rodzaj gruntu i średnicę miarodajną ziaren d_{50} . Bardzo płytkie zaleganie wody gruntowej (do 40 cm) zanotowano w czterech studzienkach (numer 13, 18, 19 i N3), położonych na użytkach zielonych. Do 100 cm zalegały wody w dziewięciu studzienkach, od 100 cm do 150 cm – w sześciu studzienkach, w studzienkach numer 9, 10, 26 i N1 głębokość zalegania wody gruntowej była większa od 245 cm.

Tabela 1

Głębokości zalegania zwierciadła wody gruntowej, odchylenia standardowe, współczynniki zmienności, rodzaj gruntu i średnica ziaren d_{50} w studzienkach pomiarowo-kontrolnych w zlewni cieką Potaszka

Groundwater levels, standard deviation, variation coefficient, type of soils and mean grain diameter in control-measured wells in the Potaszka stream catchment

Nr studzienki Well number	Liczba pomiarów Number of measurements	Zaleganie zwierciadła wody gruntowej Groundwater depth* (cm)	Odchylenie standardowe Standard deviation σ (cm)	Współczynnik zmienności Variation coefficient c_v	Rodzaj gruntu Type of soil**	Średnica ziaren Mean diameter d_{50} (mm)
1	2	3	4	5	6	7
2	106	<u>80-156</u> 117	19,9	0,17	p	0,24
3	106	<u>24-133</u> 78	26,1	0,34	p	0,23
4	106	<u>40-125</u> 80	21,2	0,26	p	0,19
5	106	<u>83-170</u> 124	21,4	0,17	p	0,24
7	106	<u>60-131</u> 92	18,1	0,20	p	0,24
8	106	<u>51-168</u> 105	28,8	0,27	p	0,22
9	106	<u>382-434</u> 409	13,0	0,03	p	0,27
10	106	<u>249-310</u> 280	15,8	0,06	ps	0,22

Tabela 1 – cd.

1	2	3	4	5	6	7
11	106	$\frac{62-125}{95}$	15,8	0,17	gp	0,11
12	106	$\frac{24-98}{55}$	19,5	0,36	ps/p	0,22
13	106	$\frac{9-77}{36}$	14,7	0,40	ps/p	0,22
14	106	$\frac{41-95}{71}$	10,4	0,15	ps/p	0,26
15	106	$\frac{66-114}{89}$	12,4	0,14	p	0,23
16	106	$\frac{20-98}{62}$	18,3	0,29	bd	bd
17	106	$\frac{86-155}{120}$	18,2	0,15	bd	bd
18	106	$\frac{23-76}{37}$	11,7	0,31	p	0,22
19	106	$\frac{2-65}{27}$	16,7	0,61	p	0,22
20	106	$\frac{79-139}{107}$	15,3	0,14	p	0,19
24	106	$\frac{80-186}{136}$	24,6	0,18	p	0,27
26	106	$\frac{280-355}{316}$	17,0	0,05	p	0,29
N1	58	$\frac{250-290}{264}$	12,0	0,05	bd	bd
N2	58	$\frac{67-125}{95}$	15,9	0,17	bd	bd
N3	58	$\frac{2-61}{29}$	15,1	0,52	bd	bd

* – $\frac{\text{min-max}}{\text{śr}}$ minimalne – maksymalne, ** – p – piasek, ps – piasek słabo gliniasty, gp – glina piaszczysta, bd – brak danych.

* – $\frac{\text{min-max}}{\text{śr}}$ minimum – maximum, ** – p – sand, ps – loamy sand, gp – gl sandy loam, bd – lack of data.

Wody gruntowe w zlewni cieką Potaszki w 13 badanych studzienkach występowały w piaskach o średnicy miarodajnej ziaren od 0,19 do 0,29 mm, w 4 studzienkach pomiarowo kontrolnych w piaskach słabogliniastych i w jednej studzience w glinie piaszczystej ($d_{50} = 0,11$ mm). Przeprowadzone obliczenia nie wykazały istotnej zależności pomiędzy średnicą miarodajną d_{50} ziaren gruntu a amplitudami zmian stanów wody w badanym terenie.

W drugim etapie obliczeń wydzielono trzy grupy studzienek w zależności od średniej głębokości zalegania zwierciadła wody gruntowej w okresie badań (tab. 2):

- 0-100 cm – studzienki płytkie (13 studzienek),
- 101-200 cm – studzienki średnio głębokie (6 studzienek),
- 201 i więcej cm – głębokie i bardzo głębokie (4 studzienki).

Tabela 2

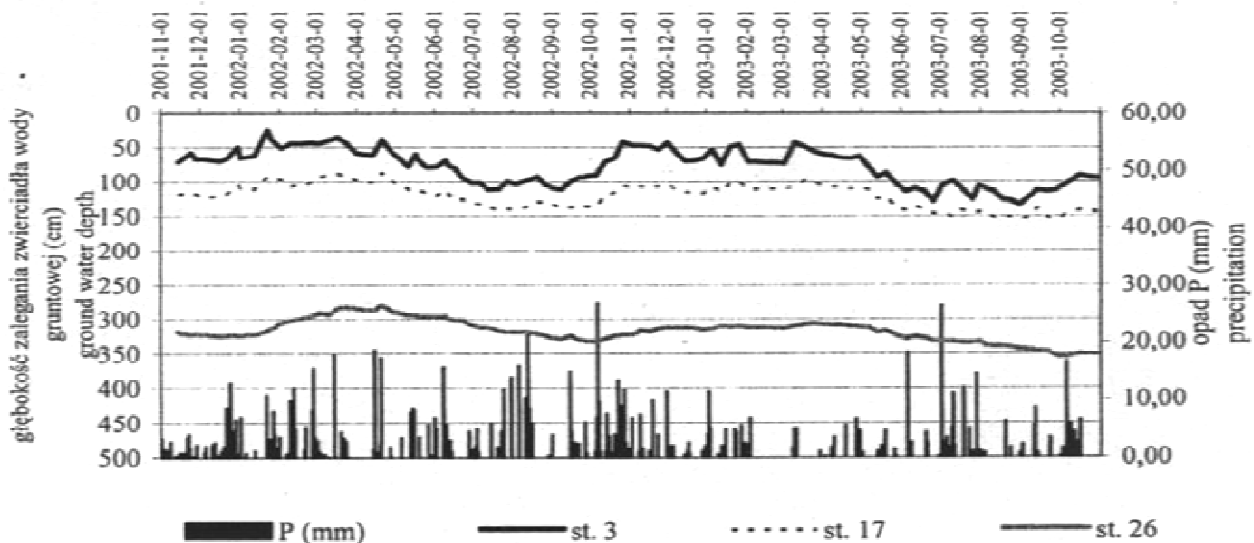
Średnie odchylenia standardowe, amplitudy i współczynniki zmienności zalegania zwierciadła wody gruntowej w studzienkach pomiarowo-kontrolnych (płytkich, średnio głębokich, głębokich i bardzo głębokich)

Mean standard deviation, amplitudes and variation coefficient changes of groundwater levels in the control-measured wells (shallow wells, mid-deep wells, deep and very deep wells)

Podział studzienek Types of wells	Liczba studzienek Number of wells	Zakres zalegania zwierciadła wody gruntowej Range of groundwater depth (cm)	Średnie odchylenia standardowe Mean standard deviation (σ) (cm)	Średnie amplitudy Mean amplitude (Δ) (cm)	Średnie współczynniki zmienności Mean variation coefficient (c_v)
Płytkie Shallow wells	13	0-100	16,6	67,9	0,30
Średnio głębokie Mid-deep wells	6	101-200	21,4	85,7	0,18
Głębokie i bardzo głębokie Deep and very deep wells	4	201 i więcej	14,5	56,9	0,05

Dla wytypowanych trzech grup studzienek obliczono średnie odchylenia standardowe (σ), średnie współczynniki zmienności (c_v) i średnie amplitudy zmian zalegania zwierciadła wody gruntowej (Δ). Największe wartości współczynnika zmienności zanotowano w studzienkach płytkich $c_v = 0,3$ i średnio głębokich $c_v = 0,18$, gdzie o dynamice zalegania wód gruntowych decydowały głównie opad atmosferyczny i ewapotranspiracja. W studzienkach głębokich, w których o dynamice zwierciadła wody gruntowej decyduje odpływ gruntowy, współczynnik zmienności był zdecydowanie najniższy $c_v = 0,05$.

Najwyższe stany wody gruntowej w studzienkach płytkich i średnio głębokich w roku hydrologicznym 2002 notowano w lutym i marcu, a najniższe w miesiącach letnich, od lipca do października. Od września do listopada zaobserwowano szybki wzrost stanów wód podziemnych w studzienkach płytkich, co spowodowane było wysoką sumą opadu w tym okresie wynoszącą 188 mm. Opady w miesiącach zimowych przyczyniły się do utrzymywania się w studzienkach płytkich i średnio głębokich wysokich stanów od listopada do marca 2003 roku. Nieco inaczej kształtowała się sytuacja w studzienkach głębokich i bardzo głębokich, gdzie najpłytsze zaleganie wód notowano w marcu i kwietniu, a najgłębsze w październiku (ryc. 2). Zaobserwowano, że w ostatnim miesiącu badań (październik 2003) średnie miesięczne głębokości zalegania zwierciadła wody

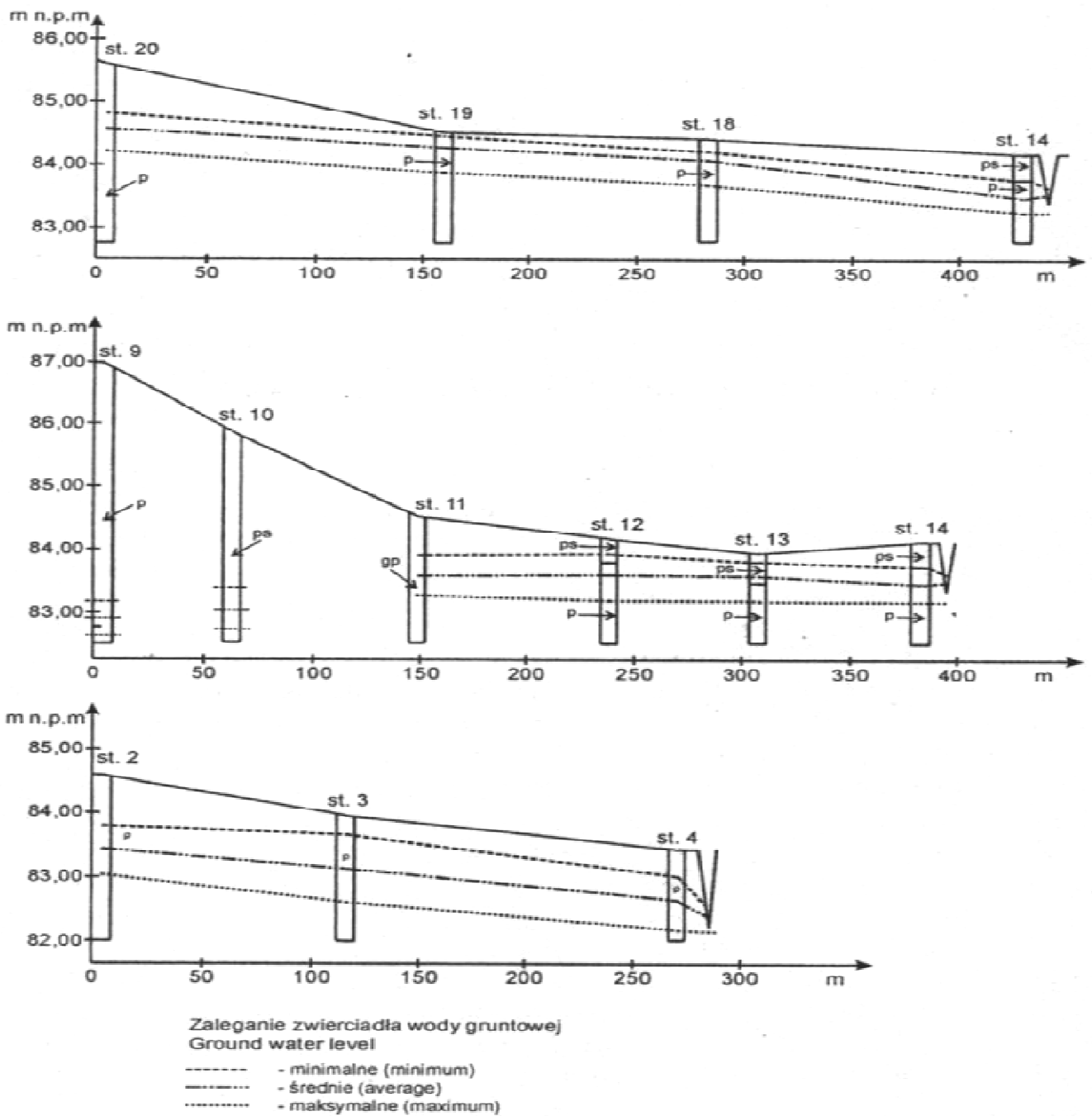


Ryc. 2. Dynamika zalegania zwierciadła wód gruntowych pierwszego poziomu wodonośnego w wybranych studzienkach w zlewni cieką Potaszka w latach hydrologicznych 2002 i 2003
 Fig. 2. Dynamics of groundwater depth in chosen wells at the Potaszka stream catchment in the 2002 and 2003 hydrological years

gruntowej były od 5 do 30 cm niższe niż w analogicznym okresie roku 2002. Dzięki stosunkowo dużej ilości opadów w półroczu zimowym 2002 roku, bardzo niskie opady w roku hydrologicznym 2003 nie spowodowały zmiany powszechnie znanej dynamiki zalegania zwierciadła wód gruntowych (reżim kontynentalny: minimum spowodowane wiosennym zasilaniem roztopowym marzec-kwiecień, oraz maksimum będące wynikiem letnio-jesiennej ewapotranspiracji i odpływu podziemnego sierpień-wrzesień-październik).

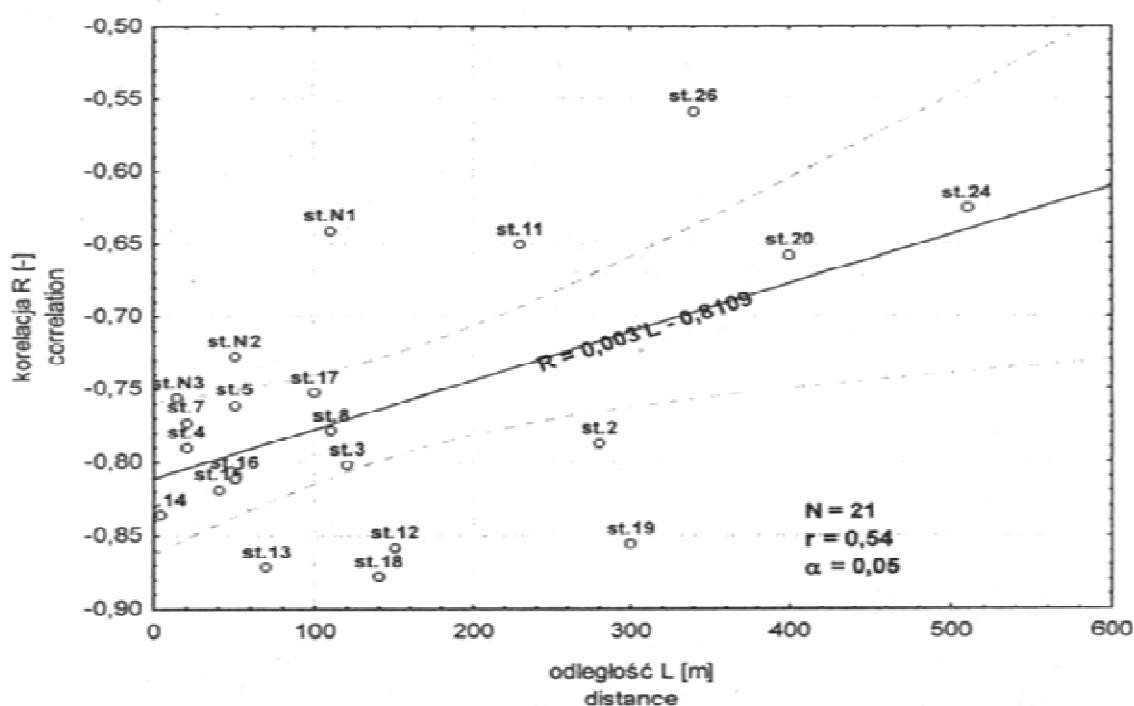
Analizując minimalne, maksymalne i średnie głębokości zalegania wody gruntowej w przekrojach spływowych, zaobserwowano, że kierunek przepływu wód gruntowych w przekroju 1-1 i 3-3 jest zgodny z kierunkiem spływu wód powierzchniowych (ryc. 3). Odmienną sytuację zaobserwowano w 2-2 przekroju spływowym, gdzie wody gruntowe obserwowane w studzience 11 (położonej w glinie piaszczystej) kierowane są zarówno w stronę cieką Potaszka (zgodnie ze spadkami terenu), jak również w kierunku studzienek 9 i 10, położonych w rejonie wododziału wód powierzchniowych. Studzienka 11 znajduje się prawdopodobnie na wododziale wód gruntowych, który nie pokrywa się z wododziałem wód powierzchniowych.

W celu określenia zależności pomiędzy stanami wody w cieką Potaszka a głębokością zalegania zwierciadła wody gruntowej, obliczono stosowne współczynniki korelacji (ryc. 4). Uzyskane wyniki wskazują, że istnieje statystycznie istotny związek ($\alpha = 0,05$) pomiędzy stanami wody w Potaszcze a głębokością zalegania zwierciadła wody gruntowej w funkcji odległości od cieką. Powyższa zależność wskazuje na więź hydrauliczną wód powierzchniowych i płytkich wód podziemnych, które charakteryzują się podobną dynamiką, w głównej mierze determinowaną warunkami meteorologicznymi. Średnie wartości współczynników korelacji pomiędzy sumą tygodniowych opadów atmosferycznych a zmianami stanów wód gruntowych w płytkich i średnio głębokich studzienkach równe były 0,5 i 0,6, a w studzienkach głębokich i bardzo głębokich tylko 0,3.



Ryc. 3. Minimalne, średnie i maksymalne zaleganie zwierciadła wody gruntowej w wybranych transektach zlewni ciek Potaszka

Fig. 3. Minimum, average and maximum ground water depths in chosen transects at the Potaszka stream catchment



Ryc. 4. Skorelowanie zmian głębokości wody gruntowej mierzonych w studzienkach pomiarowych ze stanami wody w cieku Potaszka w funkcji odległości od cieku
 Fig. 4. Correlation of groundwater depths in measured wells with surface water level in the stream as a function of distance from the Potaszka stream

Wnioski

Uzyskane wyniki badań prowadzonych w zlewni cieku Potaszka do przekroju Potasze w latach hydrologicznych 2002 i 2003 pozwalają na sformułowanie następujących wniosków:

1. Dynamika zalegania zwierciadła wody gruntowej determinowana była przez przebieg warunków meteorologicznych. Niskie opady w roku hydrologicznym 2003 nie spowodowały, w studzienkach płytkich i średnio głębokich, zmiany rocznej dynamiki zalegania zwierciadła wód gruntowych ze względu na stosunkowo wysokie opady w półroczu zimowym roku poprzedzającego (2002). Zaobserwowano, że średnie miesięczne głębokości zalegania zwierciadła wody gruntowej w październiku 2003 były od 5 do 30 cm niższe niż w analogicznym okresie roku 2002, uznanym za przeciętny.

2. Największą dynamiką zalegania wód gruntowych charakteryzowały się studzienki płytkie i średnio głębokie, gdzie o dynamice zalegania wód gruntowych decydowały głównie opad atmosferyczny i ewapotranspiracja.

3. Przeprowadzone badania wykazały, że istnieje statystycznie istotny związek pomiędzy stanami wody w Potasze a głębokością zalegania zwierciadła wody gruntowej w funkcji odległości od cieku.

4. Nie stwierdzono istotnej zależności pomiędzy średnicą miarodajną d_{50} ziaren gruntu a współczynnikami zmienności (c_v) i odchyleniami standardowymi (σ) głębokości zalegania wody gruntowej.

5. Analizując minimalne, maksymalne i średnie głębokości zalegania wody gruntowej w przekrojach spływowym, zaobserwowano, że zasilają one ciek Potaszka i kierunek ich przepływu jest zgodny ze spadkami terenu (przekrój 1-1 i 3-3). Odmienną sytuację zaobserwowano w przekroju spływowym 2-2, gdzie wody gruntowe ze studzienki 11 (położonej w glinie piaszczystej) kierowane są zarówno w stronę cieku Potaszka (zgodnie ze spadkami terenu), jak również w kierunku studzienek 9 i 10, znajdujących się w pobliżu wododziału wód powierzchniowych. Świadczyć to może o tym, że w rejonie studzienki 11 znajduje się wododział wód gruntowych, który nie pokrywa się z wododziałem wód powierzchniowych, co wymaga szczegółowego rozpoznania geologicznego tego rejonu badań.

Literatura

- Kowalczak P., Farat R., Kępińska-Kasprzak M., Mager P., Pietras W. (1997): Hierarchia potrzeb obszarowych małej retencji dla obszaru dorzecza Warty. Wyd. Nauk. IMGW, Warszawa.
- Maślanka K., Ptak M., Popławski Ł. (2003): Wpływ stanów wody w Nidzie na poziom zwierciadła wody gruntowej w przyległym terenie. Zesz. Nauk. Inż. Środ. Kraków 24: 105-112.
- Miler A., Przybyła Cz. (1997): Dynamika zmian stanów wód gruntowych pierwszego poziomu wodonośnego. Roczn. AR Pozn. 291, Melior. Inż. Środ. 17: 77-92.
- Pływaczyk A., Kowalczyk T. (2002): Wpływ regulowanego odpływu na kształtowanie się wód gruntowych terenów zalesionych, użytkowanych wcześniej rolniczo na przykładzie obiektu Ługowinka. Roczn. AR Pozn. 342, Melior. Inż. Środ. 23: 401-409.

DYNAMICS OF SHALLOW GROUNDWATER LEVEL IN CENTRAL WIELKOPOLSKA REGION ON THE EXAMPLE OF POTASZKA CATCHMENT

S u m m a r y

The aim of the paper was to describe shallow groundwater dynamics in the Central Wielkopolska region as well as to answer the question: what is the relationship between groundwater level dynamics, meteorological conditions and average groundwater and surface water level. The results of the research carried out in the Potaszka stream catchment in the 2002 and 2003 hydrological years indicated that groundwater level dynamics was determined by meteorological conditions. The highest changes were characteristic for shallow and medium-deep wells caused mainly by precipitation and evaporation.

The results did not indicate significant relation between mean diameter d_{50} of soil grain and variation coefficient (c_v), as well as standard deviation (σ) of groundwater depth.

Relationship between water level in the Potaszka stream and groundwater depth as a function of distance was found.

Analysing minimum, maximum and average groundwater levels in the valley cross-sections it was observed that they supplied the Potaszka stream and their direction followed the land slope (cross-section 1-1 and 3-3). Different situation was observed in cross-section 2-2 where groundwater depth in well 11 (located in sandy loam) flowed to the direction of the Potaszka stream, as well as to the wells located in the watershed (well 9 and 10), it means that surface and underground watershed do not overlap and that a needs detailed geological investigation.