

KONRAD SIKORA, JÓZEF MYRCZEK

Instytut Inżynierii Tekstyliów i Materiałów Polimerowych
Akademia Techniczno-Humanistyczna w Bielsku-Białej

WPLYW DESZCZY ULEWNYCH NA MOŻLIWOŚCI KSZTAŁTOWANIA SIĘ CHEMIZMU WÓD PODZIEMNYCH W REJONIE BIELSKA-BIAŁEJ W OKRESIE WIOSNY 2010 ROKU

Streszczenie. W rejonie Beskidu Śląskiego coraz częstszym zjawiskiem objętym badaniami są nawałnice i deszcze nawałne, które w swoich skutkach powodują lokalne podtopienia i powodzie. Badania obejmowały pomiar wielkości i parametrów opadów, mierzonych w sposób ciągły na dwóch posterunkach opadowych: w centrum Bielska-Białej oraz w oddalonej od miasta w kierunku Kęt wsi Kobiernice. Wykorzystano również dane z bazy CDO. W artykule omówiono skutki deszczy występujących intensywnie w maju 2010 roku oraz ich prawdopodobny wpływ na wody podziemne i źródła. W celu określenia ewentualnego wpływu intensywnych deszczy na skład wód podziemnych pobrano próbki wód ze źródeł i zanalizowano skład wód przed wystąpieniem opadów (21 kwietnia) oraz po wystąpieniu fali opadów (10 czerwca).

Słowa kluczowe: opad, deszcze nawałne, powódź, wody podziemne

Wstęp

Z uwagi na dużą wrażliwość występujących w Beskidach wód podziemnych na zanieczyszczenie antropogeniczne jest istotne prowadzenie ich kompleksowych badań. Dotyczy to zarówno wód w strefie saturacji, jak i w strefie aeracji. Badania strefy aeracji pozwalają na szerszą interpretację uzyskanych wyników i bardziej precyzyjne powiązanie zmian jakości wód podziemnych ze zmianami jakości zasilających je opadów atmosferycznych, a także umożliwiają wykonanie oceny modyfikacji chemizmu wód w trakcie wędrówki z powierzchni terenu do warstwy wodonośnej. Analiza ta jest konieczna do prawidłowej interpretacji obserwowanych zmian chemizmu wód podziemnych oraz określenia ich przyczyn (MOTYKA i ZAWIERUCHA 2001).

Za konieczne uznaje się także szersze, skoordynowane i jednolite metodycznie prowadzenie badań składu chemicznego deszczu i śniegu w rejonie objętym badaniami. Dla pełnej interpretacji otrzymanych wyników analiz jest niezbędna ich ocena w odnie-

sieniu do czynników środowiskowych. Największy wpływ na kształtowanie się naturalnego chemizmu wód Beskidu Śląskiego mają – uwzględnione w tworzonym modelu Sieci Neuronowej (SIKORA 2010) – następujące elementy środowiska:

- budowa geologiczna (litologia, skład mineralogiczny),
- warunki hydrogeologiczne,
- morfologia terenu (wysokość nad poziomem morza, dynamika rzeźby, procesy grawitacyjne),
- czynniki klimatyczne (piętro klimatyczne, ilość i struktura opadów atmosferycznych, główne kierunki adwekcji mas powietrza),
- gleby i roślinność.

Dane te są uzupełniane o wpływ antropopresji pod kątem identyfikacji zagrożeń ze strony przemysłu, rolnictwa, usług turystycznych oraz zagospodarowania przestrzennego (SIKORA i IN. 2004).

Idea prowadzonych badań jest znalezienie zależności jakościowych analizowanych parametrów pobranych próbek wód ze źródeł i określenie chemizmu opadu w okresie wiosny 2010 roku. Zestawienie otrzymanych wyników z czynnikami środowiska oraz występujące okresowo anomalie sezonowe mogą przybliżyć odpowiedź na prawdopodobny wpływ opadów nawalnych na możliwość zmian składu chemicznego wód podziemnych. W związku z zaistniałymi anomaliami dotyczącymi opadu w okresie wiosny 2010 roku zasadne stało się prowadzenie dalszych badań składu chemicznego deszczu i śniegu (w wybranych porach roku), jak również prowadzenie monitoringu wielkości opadów w wybranych punktach rejonu Bielska-Białej, Kobiernice oraz Porąbki w ramach utworzonej sieci stacji pomiarowych (SIKORA 2010).

Material i metody

Zmiany klimatyczne oraz liczne przeobrażenia zachodzące w układzie cyrkulacji atmosferycznej powodują zaburzenia klimatu na całej kuli ziemskiej. Wynikiem tych zmian jest szereg anomalii pogodowych występujących w naszych szerokościach geograficznych, które wcześniej nie miały miejsca lub zdarzały się rzadziej. W rejonie Beskidu Śląskiego coraz częstszym zjawiskiem są nawałnice i deszcze nawałne, które powodują lokalne podtopienia i powodzie. Celem przeprowadzanych badań była analiza wybranych parametrów fizykochemicznych opadu atmosferycznego (odczyn, potencjał utleniająco-redukcyjny, wysokość i temperatura opadu) na terenie miasta Bielsko-Biała i wsi Kobiernice (za pomocą własnych posterunków opadowych). W ramach realizowanych badań prowadzono monitoring opadu (codziennie w okresie od kwietnia 2010 roku do grudnia 2010 roku) oraz mierzono jego wybrane parametry, w efekcie czego otrzymano wyniki zaprezentowane w pracy. Do badań wytypowano również 6 źródeł zlokalizowanych w obrębie miasta Bielska-Białej oraz okolicy: Źródło Jana (Bielsko-Biała, ul. Stalowa – teren leśny), źródło przy ul. Żołędziowej (Bielsko-Biała – teren miasta), źródło Walczok (Straconka Bielsko-Biała – teren zurbanizowany), źródło przy ul. Skarpowej (Bielsko-Biała – teren zurbanizowany). Źródła z poszerzonego spektrum to źródła z rejonu miejscowości Kobiernice (góra Wołek) oraz Porąbka (Wielka Puszcza) (SIKORA 2010). Pobieranie próbek opadu oraz wód ze źródeł częściowo było reali-

zowane w ramach prac dyplomowych inżynierskich studentów Akademii Techniczno-Humanistycznej w Bielsku-Białej, prowadzonych pod kierunkiem dr. hab. J. Myrczka (MRZYGLÓD 2011, SZERMAŃSKI 2011) z udziałem mgr. inż. K. Sikory.

Próbki wód ze źródeł do analiz fizykochemicznych pobierano w kwietniu i czerwcu 2010 roku do polietylenowych (PE) butelek ze szczelnym zamknięciem i bezpośrednio po poborze przewiezione do laboratorium Katedry Hydrogeologii i Geologii Inżynierskiej Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie w celu wykonania badań fizykochemicznych. Bezpośrednio w terenie (w źródle) dokonano pomiarów w zakresie następujących parametrów wody: temperatury, wartości pH, przewodnictwa elektrolitycznego, potencjału oksydacyjno-redukcyjnego oraz procentowej zawartości tlenu. Pomiarów terenowych dokonano za pomocą przyrządów pomiarowych CX-731 i ORT-123 firm Milwaukee (miernik amerykański) i Elmetron (Polska) z użyciem dodatkowych sond po wcześniejszej kalibracji na handlowych roztworach buforowych z zachowaniem obowiązujących norm. Zawartość składników w próbkach wód oznaczano w zakresie: HCO_3 , SO_4 , Cl, NO_3 , NO_2 , Ca, Mg, Na, K, Al, B, Ba, Fe, Mn, Li, P, Sr, Zn, Pb, Cd, SiO_2 – badania wykonano w laboratorium Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie według powszechnie znanych metod.

Wyniki i dyskusja

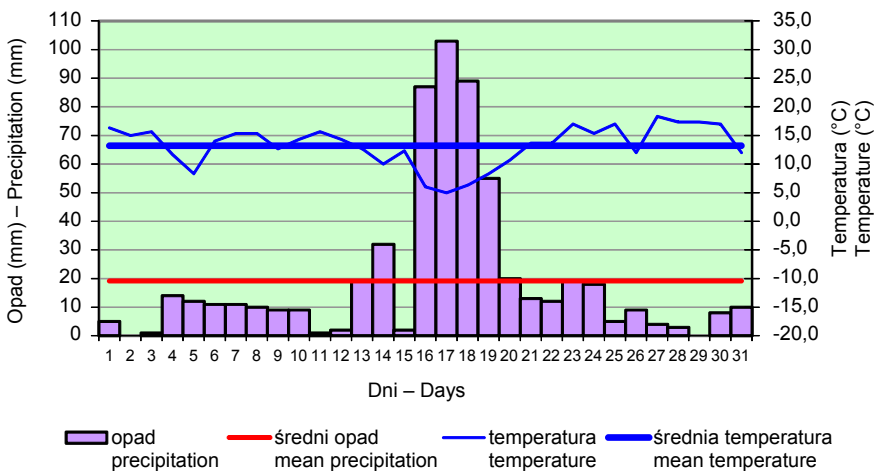
Analizy wyników dokonano na podstawie danych opadowych zebranych z posterunków Bielsko-Biała i Kobiernice w 2009 roku i 2010 roku. Do analizy porównawczej wykorzystano dane klimatyczne, m.in. wysokość opadu i temperaturę, pozyskane z Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej w Katowicach oraz dane z amerykańskiej Bazy Danych Climate Data Online (<http://cdo.ncdc.noaa.gov>), gromadzącej podstawowe dane dzienne na temat klimatu w okolicach Bielska-Białej od 1939 roku. Szukając zależności w historycznym ciągu pomiarowym, przedstawiono potencjalne relacje we własnych zgromadzonych zbiorach danych oraz pozyskanych z zewnętrznych źródeł.

Według skali MIĘTUSA i IN. (2005) maj 2010 roku był ekstremalnie wilgotny. W centrum Bielska-Białej zaobserwowano aż 30 dni z opadami atmosferycznymi (1 dzień bez opadu), z czego 29 zostało wyłapanych przez aparaturę pomiarową (tab. 1) – w jednym przypadku wysoka temperatura powietrza spowodowała ewaporację niewielkiej próbki opadowej. Ciągłe opady były przyczyną licznych wezbrań rzek i potoków, a także powodzi w Europie Środkowej, w tym w Polsce południowej.

Największy opad odnotowano w dniach 16-18 maja 2010 roku (rys. 1). Później opad był mniejszy. W wyniku nieprzyjmowania już opadu przez grunt nadal istniało realne zagrożenie powodziowe na terenie miasta i okolicy Bielska-Białej. Maksymalny opad dobowy wynosił 103 mm w centrum miasta, podczas gdy stacja meteorologiczna w Bielsku-Białej Aleksandrowicach (zachodnia dzielnica miasta) zanotowała maksymalne ekstremum wynoszące 160 mm. Na tym samym posterunku odnotowano miesięczną sumę opadów wynoszącą 512 mm (rys. 2). Średnia suma opadów majowych z lat 1971-2000 (wyliczona na podstawie danych z Climate Data Online) wynosi 110 mm, a z lat 1981-2010 – 151 mm. Stacje na terenie Bielska-Białej zanotowały w maju 2010 roku 512-593 mm deszczu, czyli odpowiednio 465,5-539,1% wartości średniej z okresu 1971-2000 oraz 323,6% wartości średniej z lat 1981-2010.

Tabela 1. Wybrane dane meteorologiczne miesiąca maja 2010 r. w Bielsku-Białej
 Table 1. Chosen meteorological data in May 2010 in Bielsko-Biała

Parametr – Parameter	Wartość – Value
Wielkość opadu – Rainfall volume	593 mm
Średni opad dobowy – Average twenty-four hour rainfall volume	19,13 mm
Liczba dni opadowych – Number of precipitation days	29
Średnia temperatura miesiąca – Average month temperature	13,2°C
Maksymalna temperatura dobowa – Maximum twenty-four hour temperature	18,3°C
Minimalna temperatura dobowa – Minimum twenty-four hour temperature	5,0°C
Średnie pH opadu – Average pH of rain	5,7

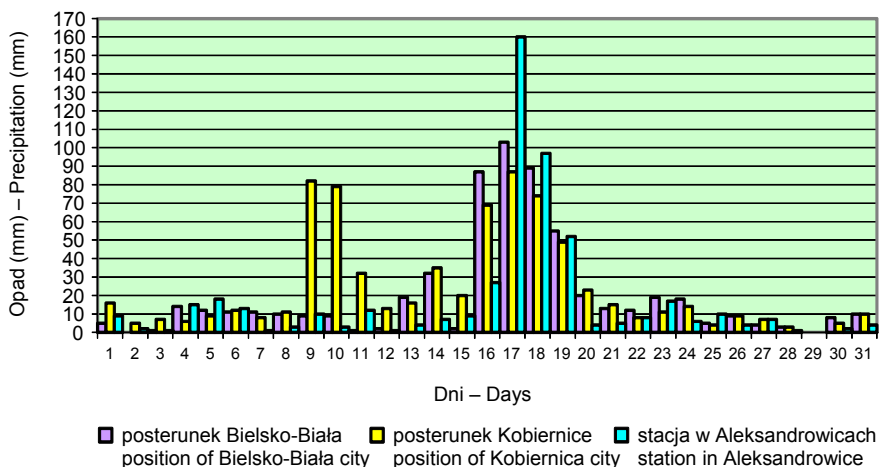


Rys. 1. Wielkość opadu atmosferycznego i temperatury powietrza na terenie miasta Bielsko-Biała wraz z wartościami średnimi – maj 2010 (badania własne realizowane częściowo w ramach prac dyplomowych: MRZYGLÓD 2011, SZERMAŃSKI 2011)

Fig. 1. The level of rain and air temperature with average values in May 2010 on the area of Bielsko-Biała (own investigations partially realised in frame of diploma works: MRZYGLÓD 2011, SZERMAŃSKI 2011)

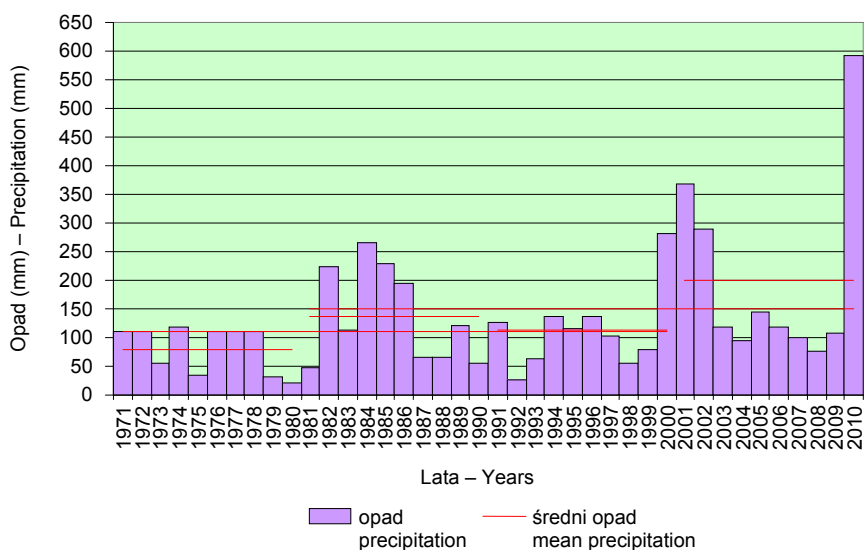
Jak widać na podstawie danych z wielolecia 1971-2010 (rys. 3), średnie opady na terenie Bielska-Białej z kolejnych dziesięcioleci systematycznie zwiększają się. W okresie trzydziestoletnim 1971-2000 suma opadów w miesiącu maju (110 mm) stanowi 72,8% sumy dla analogicznego wielolecia 1981-2010 (151 mm). Średnia z ostatnich dziesięciu lat (2001-2010) jest znacznie większa od średnich z trzech ostatnich dziesięcioleci XX wieku. Stanowi ona 177,9% średniej z okresu 1991-2000, 145,7% średniej z okresu 1981-1990 i aż 251,3% średniej z okresu 1971-1980.

Sikora K., Myrczek J., 2011. Wpływ deszczy ulewnych na możliwości kształtowania się chemizmu wód podziemnych w rejonie Bielska-Białej w okresie wiosny 2010 roku. *Nauka Przyr. Technol.* 5, 4, #61.



Rys. 2. Porównanie majowego opadu zmierzzonego na posterunku Kobiernice (pomiar własny), a także w Bielsku-Białej Centrum i Bielsku-Białej Aleksandrowicach w 2010 roku (na podstawie Climate Data Online – <http://cdo.ncdc.noaa.gov>)

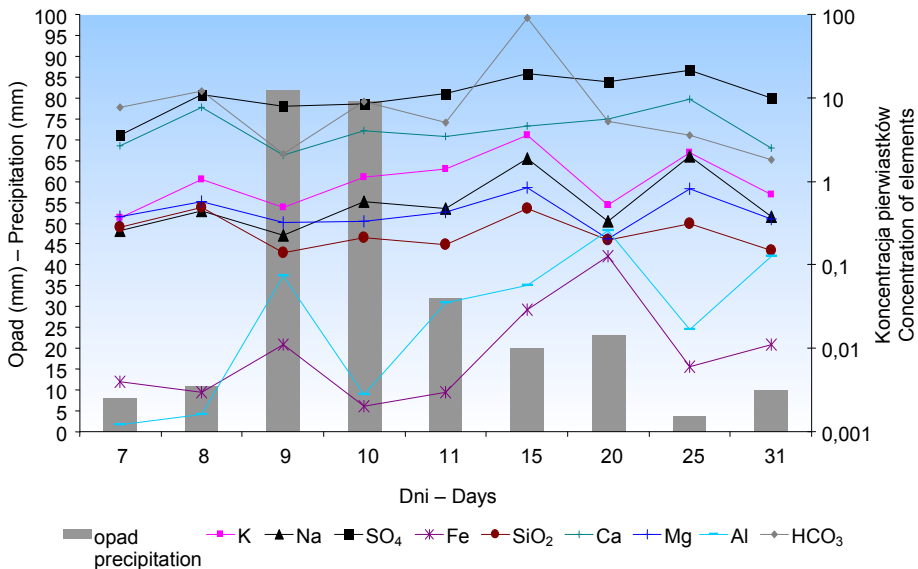
Fig. 2. Comparing rain in May measured by own apparatus in Kobiernice (personal measurements) and meteorological station in Bielsko-Biala Aleksandrowice in 2010 (on base Climate Data Online – <http://cdo.ncdc.noaa.gov>)



Rys. 3. Wielkość majowego opadu atmosferycznego na terenie Bielska-Białej w poszczególnych latach i wartości średnie poszczególnych okresów wieloletnich (na podstawie Climate Data Online – <http://cdo.ncdc.noaa.gov>)

Fig. 3. The level of the rain in May on the area Bielsko-Biala during individual years and average values in particular periods in previous years (on base Climate Data Online – <http://cdo.ncdc.noaa.gov>)

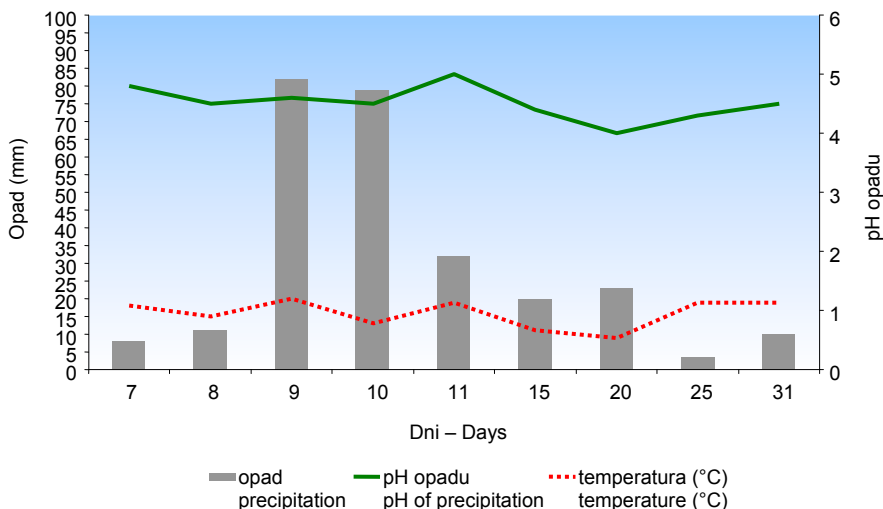
Analizując skład próbek (rys. 4), można zauważyć empiryczną zależność między temperaturą, wartością pH i składem próbek oraz wielkością opadu w kolejnych dniach. W dniach 7 i 8 maja 2010 roku nastąpiło obniżenie wartości pH oraz temperatury (z 18°C do 15°C), spadek zawartości żelaza, oraz niewielki wzrost zawartości pozostałych składników w pobranej próbce opadu. Wielkość opadu kształtowała się na stałym poziomie. W dniach 8 i 9 maja 2010 roku niewielkiemu wzrostowi wartości pH towarzyszył wzrost temperatury (z 15°C do 20°C) oraz wzrost zawartości żelaza. Zawartość pozostałych wskaźników spadła. Wyjątkiem był glin, który cechuje się gwałtowniejszym wzrostem z 0,00164 mg/dm³ do 0,0725 mg/dm³ (gdy temperatura malała, zawartość glinu również uległa zwiększeniu, lecz już nie tak gwałtownemu – z 0,00121 mg/dm³ do 0,00164 mg/dm³). Opisana sytuacja może się wiązać z gwałtownym wzrostem opadów w tych dniach – z 11 mm do 82 mm. W dniach 9 i 10 maja 2010 roku, w których zanotowano najwyższe opady w miesiącu (rys. 5) – odpowiednio 82 mm i 79 mm – nastąpił spadek temperatury z 20°C do 13°C, niewielki spadek wartości pH, zanotowano też wzrost zawartości: siarczków, sodu, potasu, wapnia i wodorowęglanów oraz spadek zawartości żelaza. Na stałym poziomie utrzymywała się zawartość magnezu i siarczanów. Zawartość glinu spadła (choć opad utrzymywał się na podobnym poziomie). W dniach 10 i 11 maja 2010 roku podczas wzrostu wartości pH rosła zawartość żelaza. Wedle wcześniejszych obserwacji zawartości pozostałych wskaźników powinny maleć, w tym przypadku dotyczyło to tylko siarczków, sodu i wodorowęglanów. Pozostałe wskaźniki cechują się wzrostem, szczególnie w przypadku zawartości glinu. W okresie od 11 do 20 maja 2010 roku zaobserwowano systematyczny spadek wartości pH oraz temperatury, wzrost zawartości żelaza z 0,003 mg/dm³ do 0,125 mg/dm³ i glinu



Rys. 4. Wielkość opadu atmosferycznego w stosunku do parametrów chemicznych opadu w wybranych dniach maja 2010 roku

Fig. 4. The level of rain in relation to chemical parameters of rain in particular days in May 2010

Sikora K., Myrczek J., 2011. Wpływ deszczy ulewnych na możliwości kształtowania się chemizmu wód podziemnych w rejonie Bielska-Białej w okresie wiosny 2010 roku. Nauka Przyr. Technol. 5, 4, #61.



Rys. 5. Wielkość opadu atmosferycznego, wartość pH opadu i temperatury powietrza w wybranych dniach maja 2010 roku

Fig. 5. The level of rain, pH of rain and air temperature in particular days in May 2010

z $0,036 \text{ mg/dm}^3$ do $0,259 \text{ mg/dm}^3$ (przy opadzie porównywalnym do wartości opadu z 7 i 8 maja 2010 roku). Do końca miesiąca wartość pH miała tendencję wzrostową. Tym razem obserwujemy (przy wzroście wartości pH) spadek zawartości glinu i żelaza oraz niewielki wzrost pozostałych parametrów.

Wyniki analizy próbek wody pobranych ze źródeł przed okresem deszczy majowych (w dniu 21 kwietnia 2010 roku) charakteryzowały się o około 15% niższymi wartościami stężeń w stosunku do próbek zebranych po okresie opadowym (wyjątek stanowią tu: HCO_3 , Mg, SO_4 oraz Ca) ze względu na typ hydrochemiczny wody w badanym źródle – $\text{Ca-SO}_4\text{-HCO}_3$. Poniżej zamieszczono przykładowe wyniki wybranych parametrów fizykochemicznych wód w źródle Walczok położonego w dzielnicy Straconka w Bielsku-Białej (tab. 2).

Tabela 2. Porównanie wybranych parametrów chemicznych wraz z pH źródła Walczok w okresie przed wystąpieniem opadów (21.04.2010 r.) oraz po okresie opadowym (10.06.2010 r.)

Table 2. Comparison of chosen chemical parameters and pH from Walczok sources before (21.04.2010) and after rain

Parametr Parameter	Okres przed opadami Interval before precipitation	Okres po opadach Interval after precipitation
	21.04.2010	10.06.2010
1	2	3
pH	7,1	6,8
Na (mg/l)	1,461	1,754

Tabela 1 – cd. / Table 2 – cont.

1	2	3
K (mg/l)	1,373	1,513
SO ₄ (mg/l)	23,21	25,22
Fe (mg/l)	0,002	0,004
SiO ₂ (mg/l)	3,906	4,131
Ca (mg/l)	19,77	19,48
Mg (mg/l)	1,615	1,513
Al (mg/l)	0,00469	0,00972
HCO ₃ (mg/l)	38,1	22,8

Wnioski

W maju 2010 roku w okolicach Bielska-Białej wystąpiły ulewne deszcze, znacznie przekraczające średnie wieloletnie. Zbadane zmiany wielkości i składu opadów atmosferycznych wskazują na hipotetyczną zależność parametrów fizykochemicznych wód źródłanych od wartości pH opadu, dobowej temperatury powietrza i wielkości opadu. Wyjaśnienie tych zależności nie jest oczywiste, tym bardziej że w badanym okresie, oprócz wzmożonych opadów występowało zaleganie chmury pyłu wulkanicznego znad Islandii. Analiza ewentualnego mechanizmu tych zależności wymaga dalszych badań.

Na podstawie codziennego poboru próbek w okresie deszczy nawalnych oraz analizy ich składu stwierdzono, że występowały znaczne zmiany zawartości niektórych jonów, np. glinu, żelaza.

Zaobserwowane zmiany składu wód podziemnych przez badania próbek wody ze źródeł mogą zależeć od składu i wielkości opadów (związanych być może z zaleganiem chmury pyłu wulkanicznego znad Islandii) lub procesów wymywania przebiegających w warstwach wodonośnych. Wydaje się, że przy dużej wielkości opadu istotne znaczenie ma raczej rozcieńczanie składników zalegających w warstwach wodonośnych lub tworzenie się kompleksów, które mogą być rozcieńczane pod wpływem dużej ilości wody zasilającej źródła, tym bardziej że zawarte w próbkach składniki nie występują raczej w chmurach wulkanicznych oraz występuje niewielki wzrost parametrów soli łatwo rozpuszczalnych.

Analiza tych hipotetycznych zależności wymaga dalszych systematycznych badań, szczególnie w zakresie reakcji środowiska na wielkość opadu, ujawniającej się w postaci jakości wody wypływającej ze źródeł.

Podziękowania

Autorzy dziękują: dr. Światosławowi Krzeszowskiemu z Politechniki Śląskiej oraz prof. dr. hab. Jackowi Motyce z Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie za cenne uwagi i dyskusje dotyczące tematu pracy.

Literatura

- MIĘTUS M., OW CZAREK M., FILIPIAK J., 2005. Warunki termiczne na obszarze Wybrzeża i Pomorza w świetle wybranych klasyfikacji. *Mater. Bad. IMiGW.*
- MOTYKA J., ZAWIERUCHA L., 2001. Skład chemiczny wód w jaskini W Trzech Kopcach w Beskidzie Śląskim. *Współcz. Probl. Hydrogeol.* 10.
- MRZYGLÓD D., 2011. Korelacja wybranych parametrów opadów atmosferycznych oraz wód podziemnych w rejonie Bielska-Białej. *Maszynopis. AT-H, Bielsko-Biała.*
- SIKORA K., ZAWIERUCHA L., MOTYKA J., MYRCZEK J., 2004. Baza danych składu wód Beskidów Śląsko-Morawskich. W: *Materiały z XII Konferencji Naukowo-Technicznej „Zapobieganie Zanieczyszczeniu Środowiska”.* Zesz. Nauk. AT-H.
- SIKORA K., 2010. Koncepcja wykorzystania sieci neuronowych do analizy jakości wód podziemnych w rejonie Beskidów i miasta Bielska-Białej. W: *Woda w badaniach geograficznych.* Red. T. Ciupa, R. Suligowski. Instytut Geografii Uniwersytetu Humanistyczno-Przyrodniczego Jana Kochanowskiego, Kielce.
- SZERMAŃSKI M., 2011. Wybrane parametry fizykochemiczne opadu atmosferycznego na terenie miasta Bielsko-Biała. *Maszynopis. Zakład Zastosowania Informatyki, AT-H, Bielsko-Biała.*

INFLUENCE OF TORRENTIAL RAIN ON PHYSICO-CHEMICAL PARAMETERS OF GROUND WATER IN BIELSKO-BIAŁA REGION IN SPRING 2010

Summary. Heavy rains appear in the Silesian Beskid more frequently and cause local undercuts and flood. The following article concerns the effects of flood in May 2010 and its probable influence on ground water. The research which was made by the authors in the center of Bielsko-Biała and nearby, regarded the rain parameters. The data was collected in two weather stations (everyday from April to December) and in four sources in Bielsko-Biała area. Physico-chemical analysis was made in AG-H in Cracow and the data was compared with CDO (Climate Data Online). The water samples were gathered from the sources before (on the 21st of April) and after (on the 10th of June) heavy rain. After analysing and comparing those samples, the following changes were noticed: in some samples – increase of Al, Mo, Fe and some heavy metals and in other samples – decrease of Ca, HCO₃ and Al. Comparing data collected in 2009 and in 2010 some differences were noticed. The value of conductivity in some of the sources was twice higher in 2009 than in 2010. There were less Ca, Mg, Al and some of heavy metals and more Fe in samples gathered in 2009 than in those from 2010.

Key words: rainfall, heavy rains, flood, groundwaters

Sikora K., Myrczek J., 2011. Wpływ deszczy ulewnych na możliwości kształtowania się chemizmu wód podziemnych w rejonie Bielska-Białej w okresie wiosny 2010 roku. *Nauka Przyr. Technol.* 5, 4, #61.

Adres do korespondencji – Corresponding address:

Konrad Sikora, Instytut Inżynierii Tekstyliów i Materiałów Polimerowych, Akademia Techniczno-Humanistyczna w Bielsku-Białej, ul. Willowa 2, 43-309 Bielsko-Biała, Poland, e-mail: k.sikora@ath.bielsko.pl

Zaakceptowano do druku – Accepted for print:

6.07.2011

Do cytowania – For citation:

*Sikora K., Myrczek J., 2011. Wpływ deszczy ulewnych na możliwości kształtowania się chemizmu wód podziemnych w rejonie Bielska-Białej w okresie wiosny 2010 roku. *Nauka Przyr. Technol.* 5, 4, #61.*