

## BADANIA PRZEWODNOŚCI ELEKTROLITYCZNEJ WŁAŚCIWEJ WÓD OPADOWYCH W REJONIE BIELSKA-BIAŁEJ

Henryk Kasza<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Instytut Ochrony i Inżynierii Środowiska, Akademia Techniczno-Humanistyczna w Bielsku-Białej, ul. Willowa 2, 43-309 Bielsko-Biała, e-mail: hkasza@ath.bielsko.pl

### STRESZCZENIE

Przedstawiono podsumowanie wyników wieloletnich badań przewodności elektrolitycznej właściwej wód opadowych, prowadzonych w siedmiu punktach zlokalizowanych wokół Bielska-Białej. Na każdym ze stanowisk czas badań wynosił około jednego roku. Badania prowadzono w latach 2002–2010. Zebrane próbki opadów atmosferycznych cechowały się dużym zróżnicowaniem przewodności właściwej (od 1,8  $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$  do 188,5  $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ ); średnia arytmetyczna i ważona dla wszystkich pomiarów wyniosła odpowiednio 36,5  $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$  i 29,9  $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ . Najczęściej notowano opady o przewodności „lekką podwyższoną” (15,1–30,0  $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ ) i „znacznie podwyższoną” (30,1–45,0  $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ ) – odpowiednio 36,6% i 25,9% prób opadów. Próbkę opadów kwalifikowanych jako nie zanieczyszczoną ( $< 15 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ ) odnotowano w każdym z punktów badawczych. Stanowiły one łącznie 8,9% prób. Wystąpiły sezonowe zmiany przewodności właściwej opadów atmosferycznych. W sezonie grzewczym była ona wyższa niż w ciepłej porze roku. Przewodność wód opadowych formowana była w dużej mierze przez zanieczyszczenia nadchodzące z kierunku zachodniego i południowo-zachodniego oraz miejscowe źródła ich emisji.

**Słowa kluczowe:** wody opadowe, przewodność elektrolityczna właściwa.

### THE STUDY ON SPECIFIC ELECTRICAL CONDUCTIVITY OF WATER PRECIPITATION IN BIELSKO-BIAŁA REGION

#### ABSTRACT

The results of long-term studies on specific electrical conductivity of water precipitation conducted in seven research points located near Bielsko-Biała were presented. At each point a period of investigation lasted ca. 1 year. The research was performed in the year range 2002–2010. The collected samples of precipitation were characterized by a great diversity of conductivity (1.8–188.5  $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ ); arithmetic and weighted average of all measurements was respectively 36.5  $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$  and 29.9  $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ . Most frequently, conductivity of rain water was “slightly increased” (15.1–30.0  $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ ) and “significantly increased” (30.1–45.0  $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ ), respectively 36.6% and 25.9% of the total samples. Samples of precipitation classified as not contaminated ( $< 15 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ ) were observed in each of the research points. They represented 8.9% of the all samples. There were seasonal changes in the conductivity of precipitation. During the heating season the conductivity was higher than in the warm season. Rainwater conductivity was formed mainly by pollution coming from the west and southern-west direction, and by local sources of its emission.

**Keywords:** rainwater, specific electrical conductivity.

#### WSTĘP

Pod pojęciem „przewodności elektrolitycznej roztworu wodnego” rozumie się jego zdolność do przewodzenia prądu elektrycznego [1]. Przewodzenie prądu elektrycznego jest możliwe dzięki obecności w wodzie jonów powstałych z rozpuszczonych w niej soli, kwasów lub zasad. Im

więcej jonów obecnych w wodzie (czyli rozpuszczonych w niej ww. związków), tym przewodnictwo elektrolityczne większe [9]. Na podstawie zachodzącej zależności pomiędzy przewodnością elektrolityczną a zawartością obecnych w wodzie jonów można z pewnym przybliżeniem określić stopień jej zmineralizowania (zawartość substancji rozpuszczonych), stosując wyznaczone do-

świadczalnie współczynniki przeliczeniowe. Badania przewodności służą też do wnioskowania o mineralnym zanieczyszczeniu wody.

Na stopień zmineralizowania opadów atmosferycznych, a tym samym na ich skład chemiczny ma wpływ wiele czynników, gdyż przyziemna warstwa atmosfery, oprócz stałych składników gazowych takich jak azot, tlen i inne, zawiera produkty kondensacji pary wodnej oraz różne składniki dodatkowe (substancje stałe, ciekłe i gazowe) pochodzące z procesów naturalnych i antropopresji. Na ilościowe i jakościowe modyfikacje proporcji składników powietrza atmosferycznego (a tym samym składu chemicznego opadów atmosferycznych) ma między innymi wpływ lokalna emisja oraz warunki meteorologiczne pojawiające się przed i w trakcie występowania opadu atmosferycznego [9].

Celem niniejszej pracy była ocena zróżnicowania stopnia zmineralizowania wód opadowych, wyrażonego przewodnością elektrolityczną właściwą, występujących w okolicy Bielska-Białej oraz określenie wpływu panujących podczas opadów atmosferycznych warunków meteorologicznych i lokalnych na rozkład przewodności elektrolitycznej w wodzie opadowej. Wyniki przewodności właściwej przedstawione w pracy są częścią wieloletnich badań poświęconych fizykochemicznej charakterystyce wód opadów atmosferycznych [3–8] i zostały udostępnione przez współautorów wymienionych publikacji.

## OPIS TERENU

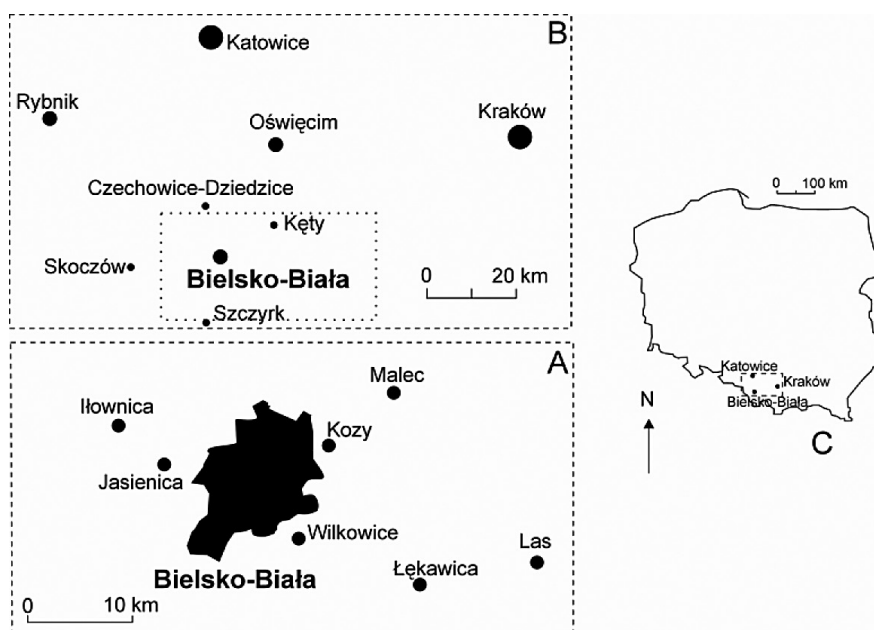
Próby wód opadów atmosferycznych zbierano w siedmiu punktach pomiarowych (miejscowościach) położonych wokół Bielska-Białej (rys. 1).

W obszarze badań źródłem substancji zanieczyszczających powietrze jest lokalna emisja z indywidualnych gospodarstw domowych oraz przemysłowa. Region Bielska-Białej narażony jest na napływ zanieczyszczeń pochodzących z kierunków: północno-zachodniego i północnego (z Rybnickiego Okręgu Węglowego, Górnośląskiego Okręgu Przemysłowego i okolic Czechowic-Dziedzic), zachodniego (z okolic Skoczowa), wschodniego (od strony Krakowa). Możliwy jest też tranzyt zanieczyszczeń z kierunku południowo-zachodniego z Ostrawsko-Karwińskiego Okręgu Przemysłowego.

## METODYKA BADAŃ

Próbki opadów atmosferycznych zbierano od 15.04.2002 do 15.03.2010 roku zgodnie z poniższym harmonogramem (podano w kolejności: miejscowość z usytuowanym punktem pomiarowym, okres badań, liczba zebranych prób):

- Iłownica: 15.04.2002 – 15.01.2003 (109),
- Kozy: 15.04.2002 – 15.01.2003 (99),
- Las: 01.04.2003 – 31.12.2003 (58),
- Łękawica: 01.12.2003 – 30.11.2004 (123),



**Rys. 1.** Lokalizacja stanowisk badawczych w okolicy Bielska-Białej (A) na tle regionu (B) i Polski (C)  
**Fig. 1.** A localization of research points in a neighborhood of Bielsko-Biala (A) on background of the region (B) and Poland (C)

- Wilkowice: 01.12.2003 – 30.11.2004 (110),
- Malec: 01.02.2007 – 31.01.2008 (111),
- Jasienica: 15.03.2009 – 15.03.2010 (98).

Wody opadowe zbierano w cyklu dobowym. Zebrano w sumie 708 prób opadów – w badaniach uwzględniano opady o wysokości powyżej 1 mm. Z uwagi na duże zróżnicowanie składu chemicznego wód opadowych, nie stosowano empirycznego współczynnika przeliczeniowego dla określenia ich stopnia zmineralizowania (zawartości substancji rozpuszczonych). Prezentowano go metodą pośrednią poprzez dane o przewodności właściwej i ich ocenę.

Pomiary przewodności były przeprowadzane oddzielnie dla każdej z 708 prób. W przypadku wyników przedstawionych w pracy jako średnie ważone, wagę stanowiła wysokość opadów (mm) tworzących próbkę badawczą. Do oceny opadów – ze względu na ich przewodność – wykorzystano klasyfikację zgodnie z tabelą 1.

Informacje zamieszczone w Codziennym Biuletynie Meteorologicznym posłużyły do określenia powiązań pomiędzy częstością występowania opadów a rodzajem napływających mas powietrza.

**Tabela 1.** Ocena przewodnictwa elektrolitycznego właściwego opadów atmosferycznych (Jansen i in., za [9])

**Table 1.** The estimation of a specific electrical conductivity of precipitation (Jansen et al. – according to [9])

Przewodnictwo elektryczne właściwe ( $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ )	Ocena przewodnictwa
0,0–15,0	nieznaczne
15,1–30,0	lekko podwyższone
30,1–45,0	znacznie podwyższone
45,1–60,0	mocno podwyższone
> 60	bardzo silne

**Tabela 2.** Wartości minimalne, maksymalne i mediany przewodności elektrolitycznej właściwej opadów atmosferycznych

**Table 2.** The minimum, maximum and median values of specific electrical conductivity of precipitation

Wartość	Stanowiska badań						
	Ilownica	Kozy	Las	Łękawica	Wilkowice	Malec	Jasienica
Przewodność elektrolityczna właściwa ( $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ )							
Minimum	8,9	11,4	9,4	7,9	4,4	<b>1,8</b>	9,8
Maksimum	134,2	<b>188,5</b>	89,3	128,2	130,8	143,3	118,3
Mediana	29,2	38,2	29,8	31,2	33,8	31,0	27,6

#### Uwagi:

Czcionka pogrubiona: wartości minimum i maksimum; mediana z wszystkich pomiarów wyniosła 31,8 ( $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ ).  
 Bold: minimum and maximum values; the median of all measurements was 31,8 ( $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ ).

## WYNIKI

Zebrane próbki opadów atmosferycznych cechowały się dużym zróżnicowaniem przewodności właściwej (od  $1,8 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$  do  $188,5 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ ). Najniższą wartość przewodności stwierdzono w miejscowości Malec a najwyższą w Kozach. Dla wszystkich 708 pomiarów mediana wyniosła  $31,8 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$  (tab. 2).

Średnia arytmetyczna przewodności właściwej wyliczona dla ogółu próbek opadów przyjęła wartość  $36,5 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$  (rys. 2), co zgodnie ze skalą oceny (tab. 1) oznacza, że w ujęciu średnim wody opadowe charakteryzowały się „znacznie podwyższonym” przewodnictwem. W tym samym zakresie skali oceny mieściły się średnie arytmetyczne przewodności opadów zebranych w sześciu miejscowościach uwzględnionych w badaniach (Ilownica, Las, Łękawica, Wilkowice, Malec, Jasienica). Jedynie opady z Kóz w ujęciu średnim minimalnie przekraczały granicę (o  $1,2 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ ) reprezentatywną dla wód opadowych ze „znacznie podwyższonym” przewodnictwem i zostały zakwalifikowane do wód z „mocno podwyższonym” przewodnictwem.

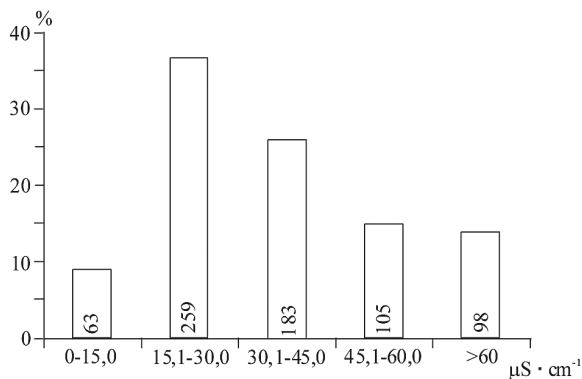
Uwzględniając w ocenie średnie ważone (rys. 2), wyniki ewaluacji przewodności właściwej opadów atmosferycznych były nieznacznie inne (przyjmowały mniejsze wartości). Średnia ważona wyliczona dla 708 prób wyniosła  $29,9 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$  i w takim ujęciu opady te, stosownie do tabeli 1, mieściły się w przedziale przewodnictwa „lekko podwyższonego”. Należy dodać, że podana powyżej wartość średniej stanowiła niemal górną granicę ( $30,0 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ ) zakresu ustalonego dla przewodnictwa „lekko podwyższonego.”

Najczęściej notowano opady o przewodnictwie „lekko podwyższonym” ( $15,1-30,0 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ ) i „znacznie podwyższonym” ( $30,1-45,0 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ )



**Rys. 2.** Średnie arytmetyczne (A) i ważone (B) przewodności właściwej ( $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ ) opadów atmosferycznych w okolicach Bielska-Białej (uwaga: średnia arytmetyczna i ważona dla wszystkich pomiarów wyniosła odpowiednio  $36,5 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$  i  $29,9 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ )

**Fig. 2.** Arithmetic (A) and weighted (B) averages of specific electrical conductivity of precipitation in the region of Bielsko-Biala (note: arithmetic and weighted average of all measurements was respectively  $36,5 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$  and  $29,9 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ )



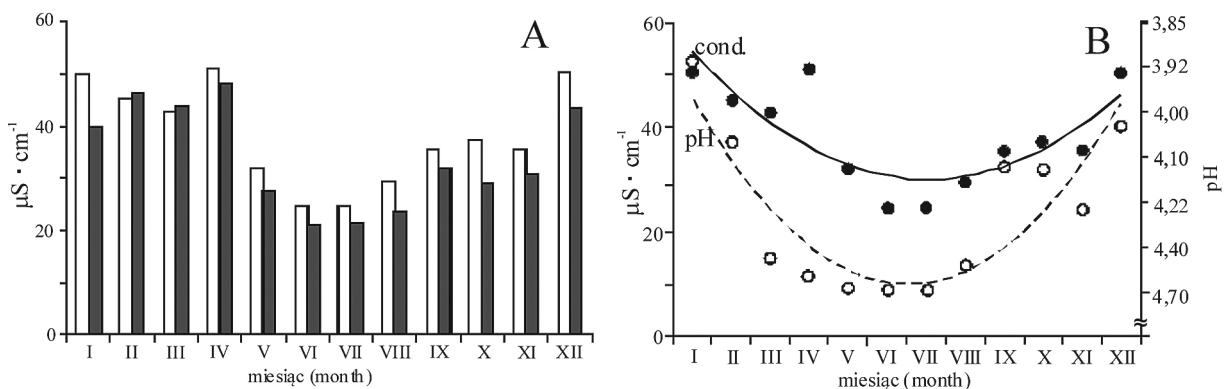
**Rys. 3.** Rozkład przewodności właściwej opadów atmosferycznych (cyfry wewnątrz słupków oznaczają liczbę prób)

**Fig. 3.** Distribution of specific electrical conductivity of precipitation (the digits inside bars indicate number of samples)

– stwierdzono odpowiednio 36,6% i 25,9% prób opadów (rys. 3). Zebrano 13,8% próbek opadów o przewodnictwie powyżej  $60,0 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$  (przewodnictwo „bardzo silne”). Próbki opadów kwalifikowanych jako nie zanieczyszczone ( $< 15 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ ) stwierdzano w każdym z punktów badawczych (patrz wartości minimum w tabeli 2). Stanowiły one łącznie 8,9% prób (63 próbki).

Stwierdzono sezonową zmienność przewodności właściwej opadów atmosferycznych. W sezonie grzewczym była ona wyższa niż w ciepłej porze roku (rys. 4A). Występowała współzależność pomiędzy przewodnością a pH opadów atmosferycznych (rys. 4B).

W czasie opadów atmosferycznych najczęściej zalegały na badanym obszarze masy powietrza polarnego morskiego (PPm) – łącznie 77,4%



**Rys. 4.** Średnie miesięczne arytmetyczne (białe pola) i ważone (ciemne pola) przewodności właściwej opadów atmosferycznych (A) oraz współzależność pomiędzy przewodnością i pH opadów atmosferycznych na przestrzeni roku (B). Dane o pH opadów atmosferycznych pochodzą z prac [2–8]

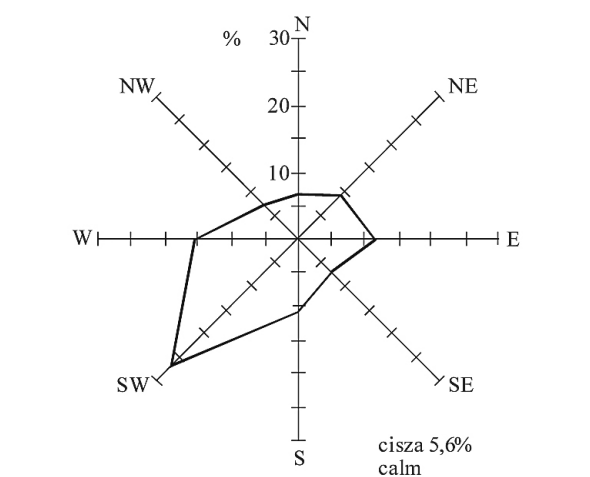
**Fig. 4.** Arithmetic (white circles) and weighted (black circles) monthly averages of specific electrical conductivity of precipitation (A), and the relationship between conductivity and pH values over the year (B). Data on the pH of the precipitation comes from the works of [2–8]

przypadków (uwzględniono wszystkie rodzaje mas PPM). Pozostałe masy powietrza w niewielkim procencie zdarzeń towarzyszyły opadom (rys. 5A). Opady związane z każdym rodzajem napływających mas powietrza cechowały się szerokim spektrum wartości przewodności właściwej (rys. 5B), co sprawiło, że nie stwierdzono wyraźnego związku pomiędzy rodzajem masy powietrza a przewodnością wód opadowych.

Podczas opadów występowały wiatry wiejące najczęściej z kierunku południowo-zachodniego, zachodniego (rys. 6). Analizując związek pomiędzy kierunkiem wiatru a przewodnością wód opadowych stwierdzono jedynie, że w punktach badawczych usytuowanych niedaleko od wschodniej granicy Bielska-Białej, to jest na kierunku napływających od tego miasta wiatrów (Kozy i Wilkowice – rys. 2), uśredniona przewodność wód opadowych była nieznacznie wyższa od określonej na pozostałych stanowiskach.

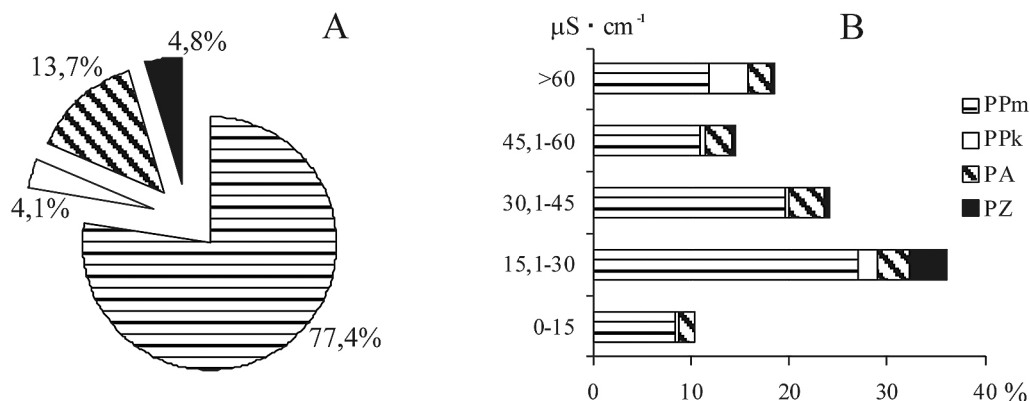
## DYSKUSJA

W najbliższym obszarze opisanych powyżej badań, w ramach Państwowego Monitoringu (PM) w Polsce, działają dwie śląskie stacje pomiarowo-kontrolne zajmujące się chemizmem opadów atmosferycznych, tj. w Katowicach-Muchowcu i Raciborzu. W latach obejmujących okres badań, tj. 2002–2010, na śląskich stacjach odnotowano przewodnictwo elektrolityczne właściwe opadów atmosferycznych w zakresie  $15,0\text{--}71,6 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$  (Katowice),  $14,0\text{--}85,0 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$  (Rybnik) (tab. 3). Natomiast przewodnictwo opadów atmosferycz-



**Rys. 6.** Procentowy udział poszczególnych kierunków wiatrów towarzyszących opadom atmosferycznym  
**Fig. 6.** A percentage distribution of wind directions accompanying atmospheric precipitation

nych zbieranych wokół Bielska-Białej zawierało się w znacznie szerszych granicach (od  $1,8 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$  do  $188,5 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ ) (tab. 2). Powyższe, tak duże rozbieżności skrajnych wartości przewodności wynikają z różnic metodycznych. Mianowicie, w wymienionych stacjach PM oznacza się przewodnictwo w miesięcznych próbkach opadu, natomiast w niniejszych badaniach pomiary były dokonywane w każdej dobowej próbie opadu wysokości powyżej 1 mm. W związku z powyższym porównywanie wyników minimum i maksimum przewodnictwa pochodzących z badań obecnych z danymi z PM prowadziłoby do mylnych interpretacji. Uwzględniając jednak w tym porównaniu najczęstsze wartości przewodnictwa opa-



**Rys. 5.** Częstość występowania (A) oraz rozkład przewodności elektrolitycznej właściwej opadów (B) w zależności od rodzaju mas powietrza: PPM – masy powietrza polarnego morskiego; PPK – masy powietrza polarnego kontynentalnego; PA – masy powietrza arktycznego; PZ – masy powietrza zwrotnikowego  
**Fig. 5.** Frequency (A) and distribution of specific electrical conductivity of precipitation (B) depending on the types of the air masses: PPM – maritime polar air masses; PPK – continental polar air masses; PA – arctic air masses; PZ – tropical air masses

dów występujących w okolicach Bielska-Białej (zawarte były w zakresie od 15,1 do 60,0  $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ , rys. 3) z uśrednionymi miesięcznymi wartościami stwierdzanymi na śląskich stacjach PM (tab. 3) można stwierdzić, że konfrontowane wyniki są w dużej mierze zbieżne.

Badaniami przewodności właściwej opadów atmosferycznych w obszarze po części pokrywającym się z niniejszym, tj. okolic Bielska-Białej, zajmował się Leśniok [9]. Wspomniany Autor w tej publikacji z 1996 roku stwierdził, na podstawie wyników własnych i literaturowych, że na terenie objętym terazniejszymi badaniami ówczesnie przeważały opady o przewodności 76–100  $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$  (przemysłowe obszary Bielska-Białej) i 50–75  $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$  (Pogórze Śląskie). Przytaczany wyżej zakres najczęstszego przewodnictwa opadów atmosferycznych występujących wtedy na tym terenie dowodzi ich silniejszego zmineralizowania (większej zawartości rozpuszczonych w wodzie opadowej związków mineralnych, czyli większego zanieczyszczenia) w porównaniu z wynikami obecnych analiz. Ponieważ tamte badania przeprowadzono w okresie: 1986–1990 (Czechowice-Dziedzice), 1988–1990 (Szczyrk) i od 1991 r. do czasu wydania publikacji przez Leśnioka (Cieszyn), można sformułować stwierdzenie, że wody opadowe w okolicach Bielska-Białej na przestrzeni kilkunastu lat stały się mniej zmineralizowane (mniej zanieczyszczone).

Z uwagi na zaleganie na badanym obszarze, podczas występowania opadów atmosferycznych, mas powietrza polarnego morskiego (około 77% przypadków – rys. 5) oraz najczęściej wiejące wiatry od strony kierunku południowo-

-zachodniego, zachodniego (rys. 6), tego typu dominacje miały istotny wpływ na kształtowanie się przewodności właściwej wód opadowych (powietrze wraz z jego składowymi, w tym zanieczyszczeniami przemieszczało się od strony zachodniej i południowej do części wschodniej i północnej). Stwierdzone zaś niewielkie różnice w przewodności opadów atmosferycznych, odnotowane na poszczególnych stanowiskach, były wynikiem modyfikacji wywoływanych przez miejscowe warunki środowiskowe, w tym usytuowanie punktu zbierania próbek odnośnie lokalnych źródeł emisji zanieczyszczeń, czy też dużych skupisk ludności, co uwidocznilo się nieco wyższymi wartościami przewodności w punktach badawczych usytuowanych niedaleko od wschodniej granicy Bielska-Białej (stanowiska Kozy i Wilkowice – rys. 2).

Również pora roku miała wpływ na przewodność (zmineralizowanie) opadów atmosferycznych. Wyższa przewodność wód opadowych w zimnej porze roku (rys. 4) z ich równocześnie większym zakwaszeniem (niższym pH) nasuwa przypuszczenie, że wzrost jej wartości prawdopodobnie powodowały substancje zakwaszające pochodzące z nośników energii używanych w sezonie grzewczym.

## WNIOSKI

1. W ujęciu średnim wody opadów atmosferycznych występujących w pobliżu Bielska-Białej cechują się „znacznie podwyższonym” przewodnictwem, czyli są średnio zmineralizowane.

**Tabela 3.** Wyniki przewodności elektrolitycznej właściwej wód opadowych uzyskane w województwie śląskim w ramach Państwowego Monitoringu w Polsce

**Table 3.** Specific electrolytic conductivity of precipitation obtained in Silesian voivodship by the Polish State Monitoring

Rok badań	Zakres przewodności właściwej ( $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ )		Źródło danych
	Katowice-Muchowiec	Racibórz	
2002	18,2 – 42,0	20,0 – 70,3	16
2003	25,6 – 66,0	14,4 – 58,0	17
2004	22,8 – 56,0	19,3 – 55,0	12
2005	16,3 – 71,6	17,0 – 72,0	13
2006	15,0 – 46,0	14,0 – 43,0	14
2007	15,0 – 49,0	15,0 – 85,0	15
2008	22,0 – 41,0	15,0 – 38,0	10
2009	x	x	x
2010	16,0 – 61,0	15,0 – 66,0	11

**Objaśnienia:** x – brak danych; x – no data.

2. W tym rejonie przewodność elektrolityczna wód opadowych formowana jest w znacznym stopniu przez zanieczyszczenia nadchodzące od strony południowo-zachodniej i zachodniej oraz ich miejscową emisję.
3. Wartość przewodności elektrolitycznej (stopień zmineralizowania) badanych opadów atmosferycznych uzależniona jest w dużej mierze od pory roku.
4. Przewodność elektrolityczna wód opadów atmosferycznych może służyć do monitorowania zmian ich zanieczyszczenia.

## PIŚMIENNICTWO

1. Dojlido J. 1987. *Chemia wody*. Arkady. Warszawa, 1–352.
2. Kasza H. 2013. Stopień zakwaszenia wód opadowych w rejonie Bielska-Białej. *Inżynieria Ekologiczna*, 32, 85–94.
3. Kasza H., Duda E. 2007. Stopień zakwaszenia opadów atmosferycznych na pograniczu Beskidu Małego i Śląskiego. W: *Zapobieganie zanieczyszczeniu, przekształcaniu i degradacji środowiska XIV*. Red. H. Kasza, H. Klama. Wydawnictwo ATH, Bielsko-Biała, 331–340.
4. Kasza H., Jędrzyk M., Kwiecień A. 2004. Stopień zakwaszenia opadów w okolicach Bielska-Białej. *ZN ATH, Inżynieria Włókiennicza i Ochrona Środowiska*, 14, 5, 52–61.
5. Kasza H., Mitoraj G. 2009. Stopień zakwaszenia opadów atmosferycznych w pobliżu Kęt (Polska Południowa). *Ochrona Środowiska i Zasobów Naturalnych*, 38, 123–130.
6. Kasza H., Mrózek G. 2006. Stopień zakwaszenia opadów atmosferycznych na podnóżu Beskidu Małego. *ZN ATH, Inżynieria Włókiennicza i Ochrona Środowiska*, 24, 7, 116–125.
7. Kasza H., Mucha A. 2011. Stopień zakwaszenia opadów atmosferycznych w pobliżu Bielska-Białej (w miejscowości Jasienica). *Nauka Przyrod. Technol.* 5, 4, s. 57.
8. Kasza H., Uja M. 2005. Stopień zakwaszenia opadów atmosferycznych w pobliżu leśnego rezerwatu „Madohora” (Gmina Ślemień). *ZN ATH, Inżynieria Włókiennicza i Ochrona Środowiska*, 19, 6, 90–98.
9. Leśniok M. 1996. *Zanieczyszczenie wód opadowych w obrębie Wyżyny Śląsko-Krakowskiej*. Wyd. Uniwersytetu Śląskiego, Katowice, 1–117.
10. Liana E., Gendolla T. 2009. Monitoring chemizmu opadów atmosferycznych i depozycji zanieczyszczeń do podłoża w województwie śląskim w 2008 roku. W: *Stan środowiska w województwie śląskim w 2008 roku*. Biblioteka Monitoringu Środowiska, Katowice, 39–45.
11. Liana E., Gendolla T. 2011. Monitoring chemizmu opadów atmosferycznych i depozycji zanieczyszczeń do podłoża w województwie śląskim w 2010 roku. W: *Stan środowiska w województwie śląskim w 2010 roku*. Biblioteka Monitoringu Środowiska, Katowice, 55–61.
12. Twarowski R., Gendolla T., Liana E., Wostek K. 2005. Monitoring chemizmu opadów atmosferycznych i depozycji zanieczyszczeń do podłoża. W: *Stan środowiska w województwie śląskim w 2004 roku*. Biblioteka Monitoringu Środowiska, Katowice, 21–24.
13. Twarowski R., Gendolla T., Liana E., Wostek-Zagrabka K. 2006. Monitoring chemizmu opadów atmosferycznych i depozycji zanieczyszczeń do podłoża w województwie śląskim w 2005 roku. W: *Stan środowiska w województwie śląskim w 2005 roku*. Biblioteka Monitoringu Środowiska, Katowice, 35–41.
14. Twarowski R., Gendolla T., Liana E., Wostek-Zagrabka K. 2007. Monitoring chemizmu opadów atmosferycznych i depozycji zanieczyszczeń do podłoża w województwie śląskim w 2006 roku. W: *Stan środowiska w województwie śląskim w 2006 roku*. Biblioteka Monitoringu Środowiska, Katowice, 39–45.
15. Twarowski R., Gendolla T., Liana E., Pobudejski M. 2008. Monitoring chemizmu opadów atmosferycznych i ocena depozycji zanieczyszczeń do podłoża w województwie śląskim w 2007 roku. W: *Stan środowiska w województwie śląskim w 2007 roku*. Biblioteka Monitoringu Środowiska, Katowice, 46–52.
16. Twarowski R., Liana E., Gendolla T., Wostek K. 2003. Monitoring chemizmu opadów atmosferycznych i depozycji zanieczyszczeń do podłoża. W: *Stan środowiska w województwie śląskim w 2002 roku*. Biblioteka Monitoringu Środowiska, Katowice, 37–46.
17. Twarowski R., Liana E., Gendolla T., Wostek K. 2004. Monitoring chemizmu opadów atmosferycznych i depozycji zanieczyszczeń do podłoża. W: *Stan środowiska w województwie śląskim w 2003 roku*. Biblioteka Monitoringu Środowiska, Katowice, 29–37.