

Prądnik. Prace Muz. Szafera	25	119–128	2015
-----------------------------	----	---------	------

ZBIGNIEW CAPUTA, HANNA DOROZ

Uniwersytet Śląski, Wydział Nauk o Ziemi, Katedra Klimatologii
ul. Będzińska 60, 41–200 Sosnowiec
e-mail: zbigniew.caputa@us.edu.pl, hanna.doroz@gmail.com

ZANIECZYSZCZENIE OPADÓW ATMOSFERYCZNYCH NA TERENIE OJCOWSKIEGO PARKU NARODOWEGO

Pollution of atmospheric precipitation in Ojców National Park

Abstract. The paper presents the results of research on pollution of precipitation water in Ojców National Park during the period of 2007–2014. The values of pH reaction, specific electric conductivity and concentration for characteristic forms of the Cracow Upland, i.e. the plateau and the canyon bottom, are shown.

Key words: atmospheric precipitation, pollutions, acid rain, Ojców National Park

WSTĘP

Monitoring wód opadowych stanowi cenne źródło informacji co do wielkości zanieczyszczenia wprowadzanego z atmosfery do środowiska przyrodniczego. Wśród związków zakwaszających wody opadowe największe znaczenie mają dwutlenek siarki, tlenki azotu, dwutlenek węgla i ozon, natomiast ich alkalizacje powodują związki wapnia, wchodzące w skład emitowanych pyłów oraz amoniak. Poza procesami fizyko-chemicznymi zachodzącymi w atmosferze, o wielkości i jakości zanieczyszczeń deponowanych na danym obszarze decydują: wielkość ich emisji i imisji (w tym napływ z terenów otaczających) oraz warunki meteorologiczne. Jednym z obszarów poddawanych od wielu lat nieustannej presji wywołanej znaczną depozycją zanieczyszczeń jest Ojcowski Park Narodowy (OPN). Jego położenie sprawia, że docierają na jego obszar zanieczyszczenia z przyległych obszarów miejsko-przemysłowych, a w szczególności Górnego Śląska i Aglomeracji Krakowskiej. Sprzyja temu dominujący, zachodni i wschodni kierunek cyrkulacji atmosferycznej.

Badania nad zanieczyszczeniem wód opadowych były prowadzone pod koniec lat 80. XX w. na terenie OPN (Micyński, Zawora 1990; Zajac i in. 1990; Turzański 1991; Krawczyk, Leśniok 1991; Leśniok, Partyka 1993). Dotyczyły one krótkich serii pomiarowych. M. Leśniok (2000) oraz M. Leśniok i J. Partyka (2001) dokonali analizy zanieczyszczeń powietrza oraz opadów atmosferycznych uwzględniając odczyn pH oraz przewodność właściwą (C_{25}) zebranych próbek wody opadowej. Dalsze badania wód opadowych

w Dolinie Prądnika skupiały się m. in. na analizie chemizmu wód opadowych oraz jego przeobrażeń podczas infiltracji w głąb skał węglanowych (Leśniok i in. 2002). Na podstawie krótkiej serii pomiarowej (2007–2009) dokonano oceny zróżnicowania zanieczyszczenia z uwzględnieniem typów cyrkulacji atmosferycznej (Leśniok 2009). Także E. Brzeźniak (2013) badał zależności pomiędzy typami cyrkulacji a opadem atmosferycznym w Dolinie Prądnika. Badania te nie obejmowały jednak analizy porównawczej doliny i wierzchowiny. Z kolei kontrasty mikroklimatyczne w Ojcowskim Parku Narodowym zostały licznie opisane w literaturze w kontekście struktury podłoża i urzeźbienia (Caputa, Leśniok 2001; Caputa, Leśniok 2002/2003; Durło 2005; Caputa 2009).

W niniejszym artykule zostały przedstawione analizy odczynu pH oraz przewodności właściwej wód opadowych, pochodzących z dwóch stacji meteorologicznych położonych w Ojcowskim Parku Narodowym (wierzchowina i dolina). Wyniki badań pozwolą w przyszłości na kontynuowanie badań zależności zanieczyszczeń opadowych z warunkami pogodowymi oraz oddziaływania warunków mikroklimatycznych na stężenia zanieczyszczeń.

OBSZAR BADAŃ, MATERIAŁ I METODY

Ojcowski Park Narodowy jest położony w południowej Polsce na Wyżynie Śląsko-Krakowskiej, w mezoregionie Wyżyny Olkuskiej (Kondracki 2000). Pod względem administracyjnym, należy do województwa małopolskiego. Park narodowy został utworzony w 1956 r. Obszar badań jest zlokalizowany na terenie krasowym, dominantami krajobrazu są wapienne formy skałkowe położone na rozległych wierzchowinach oraz głębokie i strome doliny w postaci kanionów krasowych. Największym z nich jest Dolina Prądnika, której głębokość dochodzi do 100 m (Caputa, Leśniok 2002/2003) Takie ukształtowanie terenu wpływa na warunki insolacyjne (zróżnicowanie dopływu energii słonecznej), powodując kontrasty mikroklimatyczne, a co za tym idzie sprzyja stagnacji powietrza w dolinach.

W 1989 r. rozpoczęto monitoring dotyczący zanieczyszczeń opadowych na stacji Park Zamkowy (PZ – 50°12'35"N, 19°49'44"E, 322 m n.p.m.). Próby pobierali pracownicy Parku Narodowego w Ojcowie, a analizy wykonywano na Wydziale Nauk o Ziemi Uniwersytetu Śląskiego w Sosnowcu. Stacja PZ jest zlokalizowana na dnie wąskiej (50–150m), głębokiej (ponad 100 m) Doliny Prądnika o generalnym przebiegu północno-południowym. Wraz z realizacją projektu badawczego¹ od 2007 r. uruchomiono punkt poboru opadów na wierzchowinie w Lepiance Czajowskiej (LCz – 50°12'23"N, 19°47'04"E, 483 m n.p.m.). Taka lokalizacja stacji oddaje specyfikę głębokich dolin Wyżyny Krakowskiej o charakterze kanionów i dobrze reprezentuje warunki klimatyczne wklęsłych form terenu (Caputa, Leśniok 2001; Caputa, Partyka 2009).

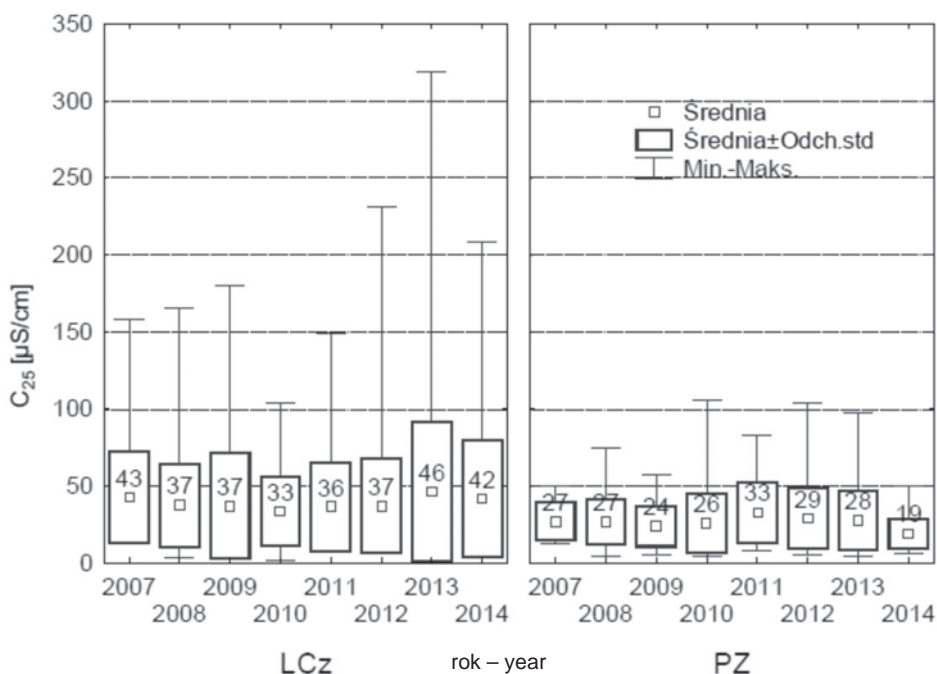
Przy pomocy polipropylenowych, biernych chemicznie kolektorów opadowych typu „British Standard” pobierano sumy dobowe opadów na każdej ze stacji. Do czasu transportu do laboratorium analiz wody Wydziału Nauk o Ziemi Uniwersytetu Śląskiego, próby opadów utrwalano i przechowywano w temperaturze 4°C. Zakres analiz obejmował odczyn pH, przewodnictwo elektryczne właściwe C_{25} , zawartość kationów i anionów oraz wybranych metali ciężkich. Ponadto, badania uzupełniały pomiary podstawowych parametrów meteorologicznych (temperatura i wilgotność powietrza, wysokość opadu, kierunek i prędkość wiatru, promieniowanie). Analiz danych liczbowych dokonano za pomocą programów Excel oraz Statistica.

¹ Prace badawcze finansowana ze środków na naukę w latach 2007–2010 jako projekt badawczy Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego Nr N306 044 32/3178

ZANIECZYSZCZENIE OPADÓW ATMOSFERYCZNYCH

Przewodnictwo elektryczne stanowi miarę ilości związków rozpuszczonych w wodzie opadowej. M. Leśniok (2009) stwierdził w swoich badaniach, że w latach 2007–2009 średnia wartość C_{25} w Ojcowie wyniosła $25,2 \mu\text{S/cm}$, a na stacji Lepianka Czajowska (LCz) $37,0 \mu\text{S/cm}$ oraz, że co roku wartość ta była niższa. Przewodnictwo elektryczne właściwe (C_{25}), będące miarą ilości rozpuszczonych w wodzie opadowej związków na stacji PZ wyniosło $25,2 \mu\text{S/cm}$ i co roku obniżało się z $27,1 \mu\text{S/cm}$ w 2007 roku, $26,8 \mu\text{S/cm}$ w 2008 roku do $23,0 \mu\text{S/cm}$ w roku 2009. Podobna sytuacja wystąpiła na stacji LCz, gdzie średnie przewodnictwo wynosiło $37,0 \mu\text{S/cm}$ i spadało z wartości $42,3 \mu\text{S/cm}$ w 2007 roku, $38,7 \mu\text{S/cm}$ w 2008 roku do $29,1 \mu\text{S/cm}$ w 2009 r.

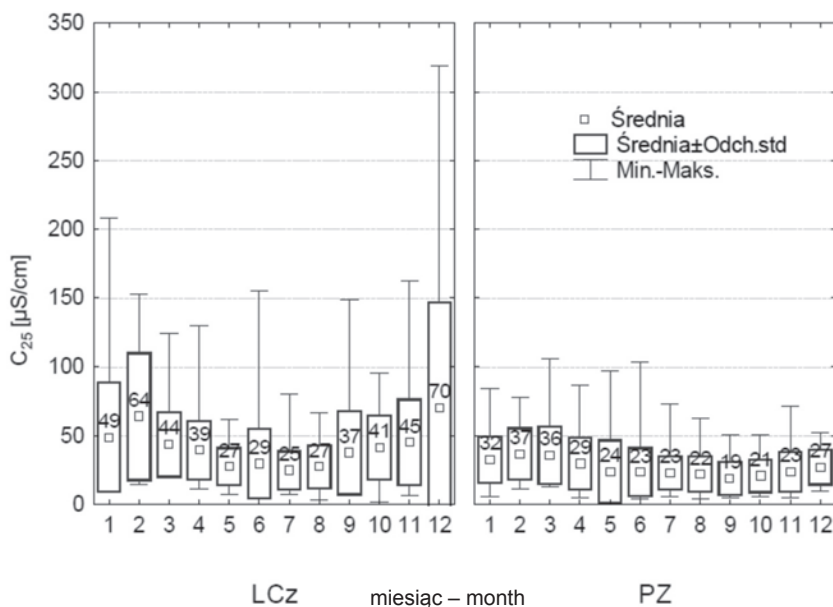
Średnie roczne wartości C_{25} w latach 2007–2014 przedstawia ryc. 1. Stacja reprezentująca otwartą powierzchnię wierzchowinową (LCz) charakteryzowała się zdecydowanie większą dynamiką zmian wartości zanieczyszczania wody opadowej niż stacja dolinna. Wyższe były wartości średnie roczne ($33\text{--}46 \mu\text{S/cm}$), ale przede wszystkim wartości ekstremalne, sięgające nawet ($319 \mu\text{S/cm}$). Na stacji położonej w dnie doliny (PZ) zróżnicowanie tych wartości było mniejsze. Średnie roczne wartości przewodności wahały się od 19 do $33 \mu\text{S/cm}$. Wartości ekstremalne osiągnęły maksymalnie $106 \mu\text{S/cm}$, a więc wartość 3-krotnie niższą niż na stacji LCz. r



Ryc. 1. Średnie roczne wartości C_{25} w latach 2007–2014 na stacjach pomiarowych w Ojcowie (PZ) i Lepiance Czajowskiej (LCz)

Fig. 1. Annual average of electric conductivity in Ojców (PZ) and Lepianka Czajowska (LCz) during the period of 2007–2014

W przebiegu rocznym dysproporcja pomiędzy stacjami LCz i PZ kształtowała się podobnie (ryc. 2). Zdecydowanie niższe średnie miesięczne wartości odnotowano na stacji w dolinie kanionu krasowego (19–37 $\mu\text{S}/\text{cm}$) niż na wierzcholinie (25–70 $\mu\text{S}/\text{cm}$). Ponadto stwierdzono nierównoczesne występowanie okresów o największym średnim stężeniu zanieczyszczeń: w Lepiance Czajowskiej były to miesiące grudzień, styczeń i luty – odpowiadające najintensywniejszemu okresowi grzewczemu, z kolei w Ojcowie były to miesiące styczeń, luty, marzec i kwiecień.

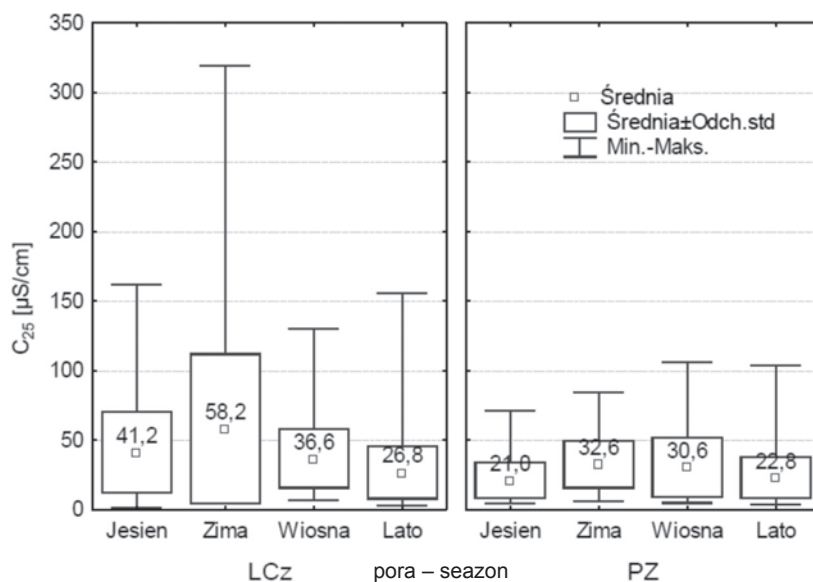


Ryc. 2. Średnie miesięczne wartości C_{25} w latach 2007–2014 na stacjach pomiarowych w Ojcowie (PZ) i Lepiance Czajowskiej (LCz)

Fig. 2. Monthly average of electric conductivity in Ojców (PZ) and Lepianka Czajowska (LCz) during the period of 2007–2014

Minimalne przewodnictwo elektryczne właściwe kształtowało się od 3 $\mu\text{S}/\text{cm}$ w Ojcowie, i od 1,4 $\mu\text{S}/\text{cm}$ w Lepiance, zaś maksymalne sięgało 106 $\mu\text{S}/\text{cm}$ w Ojcowie i 319 $\mu\text{S}/\text{cm}$ w Lepiance. Wartości przewodnictwa przekładają się na zawartość w wodzie opadowej poszczególnych jonów. Ich średnie zawartości w badanym okresie były zdecydowanie wyższe w Lepiance (ryc. 1).

Analiza średnich wartości przewodności (ryc. 3) potwierdza jednosezonowe przesunięcie występowania maksymalnych stężeń zanieczyszczeń w wodach opadowych pomiędzy badanymi obszarami. Zdecydowanie największą wartość C_{25} na stacji LCz osiągała zimą. Średnia wartość wynosiła 58 $\mu\text{S}/\text{cm}$, a najwyższa wartość ekstremalna 319 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Najniższa przewodność występowała latem, jej średnia wartość wynosiła 27 $\mu\text{S}/\text{cm}$, a wartości ekstremalne osiągały 155 $\mu\text{S}/\text{cm}$. W Ojcowie (PZ) najwyższa średnia wartość C_{25} występowała również zimą i wynosiła 33 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Średnia przewodność stwierdzona w opadach wiosennych wynosiła 31 $\mu\text{S}/\text{cm}$, a więc była niewiele niższa. Niemniej jednak, wartość odchylenia standardowego wiosną przekraczała 50 $\mu\text{S}/\text{cm}$, wartości ekstremalne



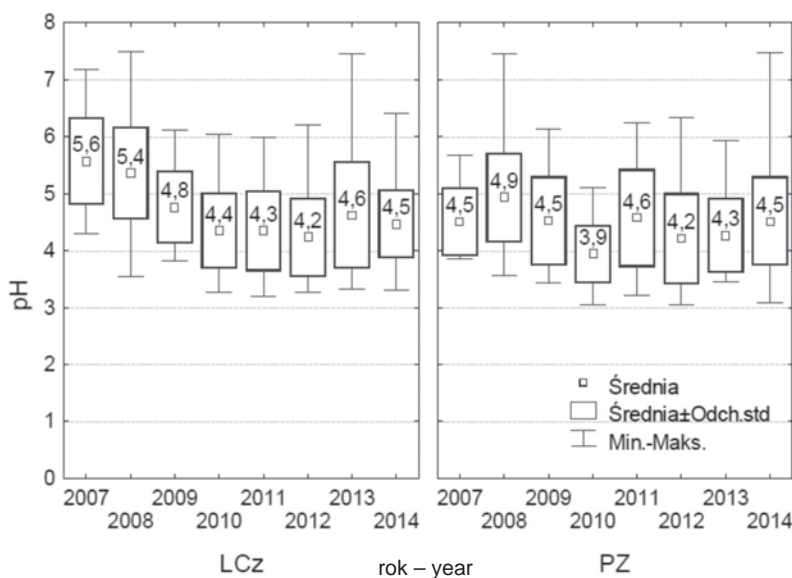
Ryc. 3. Średnie wartości C_{25} w latach 2007–2014 według pór roku na stacjach pomiarowych w Ojcowie (PZ) i Lepiance Czajowskiej (LCz)

Fig. 3. Seasonal average of electric conductivity in Ojców (PZ) and Lepianka Czajowska (LCz) during the period of 2007–2014

zimą na tej stacji osiągnęły maksymalnie $85 \mu\text{S}/\text{cm}$, a wiosną $106 \mu\text{S}/\text{cm}$. Sezonowe przesunięcie dotyczyło także najniższej średniej wartości, która w LCz została stwierdzona latem i wynosiła $27 \mu\text{S}/\text{cm}$, a w PZ jesienią i wynosiła $21 \mu\text{S}/\text{cm}$.

Odczyn pH jest jednym z podstawowych wskaźników zanieczyszczeń powietrza (Leśniok 2009). Informuje on o ilości jonów wodorowych zawartych w danym roztworze. Prowadzone w latach 1989–2003 badania odczynu pH opadów w Ojcowie potwierdziły ich kwaśny charakter (Leśniok i in. 2002). W latach 1993–1995 opady o odczynie pH poniżej 5 stanowiły 80% wszystkich przypadków, a w latach 1996–1998 aż 90%. W latach 2000–2003 ich frekwencja spadła do 76%. Sytuację tą można przypisywać reorganizacji i restrukturyzacji w przemyśle oraz działaniom „proekologicznym” (Leśniok 2009). Jak wykazały wcześniejsze badania M. Leśnioka i J. Partyki (2001) w latach 1990–2000 średnie roczne wartości wskaźnika pH w Ojcowie oscylowały pomiędzy 3,7–5,0 (czyli od odczynu silnie zaniżonego, do odczynu lekko zaniżonego). W latach 2001–2009 średnia wartość pH w Lepiance Czajowskiej wyniosła 5,1, a w Parku Zamkowym 4,7 (Leśniok 2009). Wynik ten świadczy o większym zakwaszeniu wód opadowych na stacji PZ niż LCz. Wartości średniego rocznego wskaźnika pH zostały przedstawione na ryc. 4.

Średnie miesięczne wartości pH wody opadowej w OPN wahały się od 4,2 do 5,2 w Lepiance Czajowskiej i od 3,9 do 4,8 w Ojcowie. W Ojcowie w półroczu letnim można wskazać miesiące, kiedy średnia wartość pH utrzymywała się na względnie stałym, wyższym poziomie (4,6 i więcej, od kwietnia do sierpnia). Najniższe wartości pH, świadczące o największym zakwaszeniu opadu były typowe dla miesięcy stycznia i listopada (odpowiednio 3,9 i 4,1). Zaskakująca była wyższa średnia wartość pH w grudniu, wynosząca



Ryc. 4. Średnie roczne wartości pH wód opadowych w latach 2007–2014 we wklęsłej formie terenu (PZ) i wierzchowinie (LCz)

Fig. 4. Annual average of rainwater pH in Ojców (PZ) and Lepianka Czajowska (LCz) during the period of 2007–2014

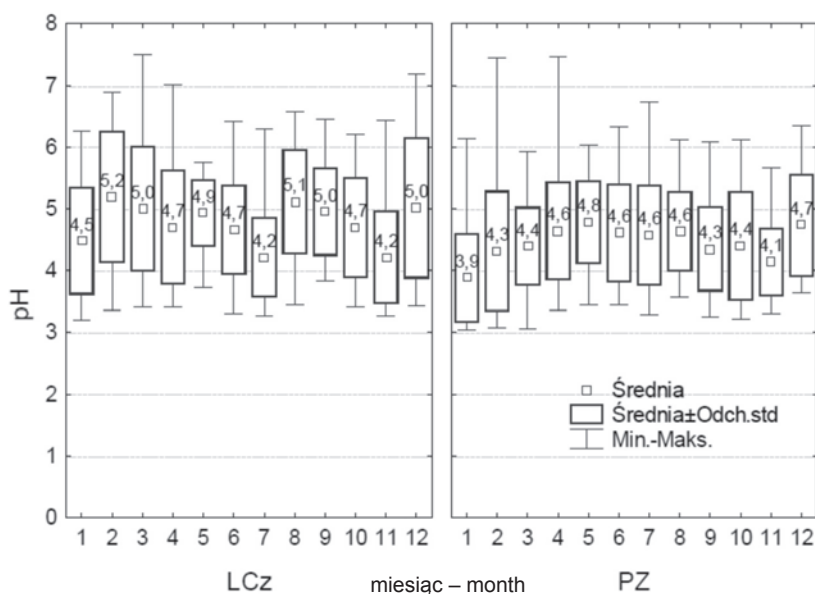
4,7. Podobnej sezonowości nie stwierdzono na stacji wierzchowinowej (LCz). Najniższe wartości pH 4,2 to średnie miesięczne lipca i listopada, natomiast najwyższe średnie miesięczne pH (5,0–5,2) charakteryzowały luty, marzec, sierpień i grudzień.

Minimalne wartości pH zmierzone w wodzie opadowej ze stacji PZ osiągały 3,0, a z LCz 2,9 w analizowanym wieloleciu. Z kolei wartości maksymalne osiągały na obydwu stacjach pH 7,5. Sporadyczne przypadki pobrania próbek o pH obojętnym lub nawet lekko zasadowym odnotowano w miesiącach zimowych i wiosennych: luty i kwiecień na stacji PZ oraz marzec, kwiecień i grudzień na stacji LCz.

Wartości pH w podziale na pory roku były nieznacznie wyższe na stacji LCz niż na stacji PZ (ryc. 6). Interesujący był wynik średnich wartości tego wskaźnika dla miesięcy zimowych. W dolinie średnia wartość pH dla zimy była najniższą (4,2) na tle pozostałych pór roku. Na wierzchowinie średnie pH opadu atmosferycznego wynosiło 4,8 (wyższa wartość – 4,9 – występowała wyłącznie wiosną), a wartość średnia wraz z odchyleniem standardowym była najwyższa na tle pozostałych pór roku.

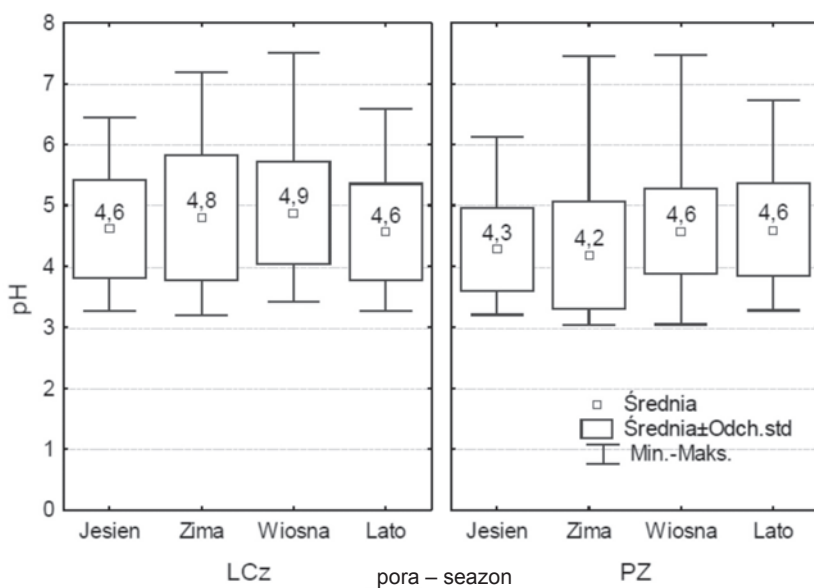
DYSKUSJA

Zestawienie danych zanieczyszczeń opadów atmosferycznych dla dwóch charakterystycznych form terenu Wyżyny Krakowskiej pozwoliło na ocenę zanieczyszczenia i ich przebieg dla wielolecia 2007–2014. Pomimo optymistycznych wniosków M. Leśnioka (2009), kolejne lata (2010–2014) nie potwierdziły spadku wartości przewodności właściwej oraz zakwaszenia wód opadowych w Ojcowskim Parku Narodowym. Potwierdziło się natomiast istotnie zróżnicowanie mierzonych parametrów w zależności od lokalizacji



Ryc. 5. Średnie miesięczne wartości pH wód opadowych w latach 2007–2014 we wklęsłej formie terenu (PZ) i wierzcholinie (LCz)

Fig. 5. Monthly average of rainwater pH in Ojców (PZ) and Lepianka Czajowska (LCz) during the period of 2007–2014



Ryc. 6. Średnie wartości pH w latach 2007–2014 według pór roku na stacjach pomiarowych w Ojcowie (PZ) i Lepiance Czajowskiej (LCz)

Fig. 6. Seasonal average of rainwater pH in Ojców (PZ) and Lepianka Czajowska (LCz) during the period of 2007–2014

stacji. Odslonięta stacja wierzchwinowa (LCz) charakteryzowała się znacznie większą dynamiką zmian jakości wody opadowej niż stacja położona w dnie doliny (PZ), naturalnie osłonięta ścianami kanionu krasowego. Ową dynamikę określała zarówno większa amplituda wartości przewodności w LCz, jak i coraz większe zróżnicowanie wartości średnich w zależności od rozdzielczości czasowej (rok, pora roku, miesiąc). W PZ wartości średnie nie wykazywały tak dużego zróżnicowania w zależności od zastosowanej skali czasu.

Duże zróżnicowanie jakości wody opadowej w OPN wynikało ze zróżnicowania źródeł zanieczyszczeń i sposobu ich transportu, w zależności od formy terenu, w którym zostaje zdeponowana. Uzyskane wyniki świadczyły o tym, że wartości przewodności na stacji LCz bezpośrednio odzwierciedlały stan atmosfery. Jednodniowe nagłe skoki wartości C_{25} , odnotowane jako wartości ekstremalne, były wynikiem nagromadzenia zanieczyszczeń transportowanych z odległych obszarów (takich jak Konurbacja Górnośląska czy Aglomeracja Krakowska), czy przebiegającej w nieznaczącej odległości drogi krajowej o dużym natężeniu ruchu samochodowego. Ponadto zdecydowanie wyższe wartości C_{25} w okresie zimowym były bezpośrednio związane z intensywnym okresem grzewczym. Wówczas głównym źródłem emisji zanieczyszczeń były paleniska użytkowane w okolicznych domach. Najniższe wartości przewodności były typowe dla miesięcy letnich, od maja do sierpnia.

Zauważono, że okresy najwyższych i najniższych średnich miesięcznych wartości przewodności właściwej w dnie doliny (PZ) następowały z około 2–3 miesięcznym opóźnieniem w stosunku do wierzchwin (LCz). Jednocześnie też wartości te były znacznie niższe. Świadczy to o tym, że sytuacja aerosanitarna doliny była „echem” (odzwierciedleniem stanu aerosanitarnego na wierzchwinie, pojawiające się z opóźnieniem i cechujące się niższymi wartościami C_{25}) stanu obserwowanego na wierzchwinie. Wnioski, oparte o analizę rocznego przebiegu wartości C_{25} w latach 2007–2014 z rozdzielczością miesięczną, są zgodne z wcześniejszymi wnioskami M. Leśnioka (2009), który stwierdził, że w wyniku procesu wymywania („rainout”) w dolinie, ze względu na lokalne ruchy cyrkulacyjne i niewielką ilość lokalnej emisji, wymywane są jedynie zanieczyszczenia z okolicznych obszarów wierzchwinowych, z kolei w wyniku procesu usuwania podchmurowego (proces „washout”) na obszar wierzchwin docierały zanieczyszczenia dalekiego zasięgu, dodatkowo zasilane przez lokalną emisję pochodzącą z indywidualnych gospodarstw oraz środków transportu.

Analiza przebiegów średnich wartości pH wód opadowych na obydwu stacjach pozwoliła zauważyć, że podobnie jak w przypadku przewodności, większą dynamiką zmian odczynu pH charakteryzowała się stacja wierzchwinowa (LCz). Wyniki pokazywały również, że mocniej zakwaszone były próbki wody, pochodzące ze stacji dolinnej (PZ), które jednocześnie miały niższą przewodność. Analiza rozkładu odczynu pH oraz przewodnictwa właściwego dla poszczególnych kierunków adwekcji powietrza, przeprowadzona przez M. Leśnioka (2009) wskazała, że podwyższone wartości pH oraz przewodnictwa towarzyszą napływowi bardziej zanieczyszczonego powietrza (kierunki S, SW oraz SE). Były to więc kierunki z napływem powietrza znad Krakowa i jego okolic (Leśniok 2009).

PODSUMOWANIE I WNIOSKI

Na podstawie uzyskanych wyników stwierdzono dość duże zróżnicowanie jakości wód opadowych na terenie Parku Ojcowskiego. Wybrane stacje poprzez swoje położenie (Ojców – Park Zamkowy, położona w głębokim kanionie krasowym Doliny Prądnika i Lepianka Czajowska, położona na wyniesionym obszarze wierzchowiny krasowej) przyjmują różną ilość opadów o często odmiennym składzie. Jakość opadów w Ojcowie w niewielkiej mierze była zależna od lokalnych źródeł emisji, a głównie od zanieczyszczeń docierających z terenów sąsiednich. Natomiast na wierzchowinie zależała bezpośrednio od transportowanych zanieczyszczeń dalekiego zasięgu oraz lokalnej emisji. Ekspozycja wierzchowiny na zanieczyszczenia dalekiego zasięgu powodowała znaczną dynamikę zmian jakości wód opadowych. Z kolei zanieczyszczenia te w dużej mierze były „przenoszone” ponad doliną o charakterze kanionu, a tylko ich nieznaczna część stanowiła „echo” stanu aerosanitarne wierzchowiny.

W dalszych badaniach można zbadać zależności C_{25} i pH z elementami meteorologicznymi. Dopiero taka analiza pozwoli na precyzyjne określenie pochodzenia zanieczyszczeń i kierunków ich migracji.

PIŚMIENNICTWO

Brzeźniak E. 2013. *Wpływ cyrkulacji atmosfery na liczbę dni z opadem w Ojcowie*. „Prądnik. Prace Muz. Szafera”, **23**: 53–64.

Caputa Z., Leśniok M. 2001. *Pomiary bilansu promieniowania na terenie Ojcowskiego Parku Narodowego z wykorzystaniem automatycznych stacji meteorologicznych*, [w:] J. Partyka (red.), *Badania naukowe w południowej części Wyżyny Krakowsko-Częstochowskiej*. Ojców, s. 27–30.

Caputa Z., Leśniok M. 2002/2003. *Zróżnicowanie mikroklimatyczne w świetle bilansu promieniowania słonecznego na przykładzie Ojcowskiego Parku Narodowego*, „Prądnik, Prace Muz. Szafera”, **13**: 7–31.

Caputa Z., Partyka J. (red.). 2009. *Współczesne zmiany środowiska przyrodniczego w różnych warunkach topoklimatycznych Wyżyny Krakowskiej na przykładzie Ojcowskiego Parku Narodowego*, „Prądnik, Prace Muz. Szafera”, **19**: 332 s.

Caputa Z. 2009. *Kontrasty mezo- i mikroklimatyczne w Ojcowskim Parku Narodowym*, „Prądnik, Prace Muz. Szafera”, **19**, s. 195–218.

Durło G. 2005. *Zmiany temperatury minimalnej powietrza w różnych formach rzeźby terenu na obszarze parku krajobrazowego Dolinki Krakowskie*, [w:] *Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie*, t. 5, s. 137–146.

Kondracki J. 2000. *Geografia regionalna Polski*. Wydawnictwo Naukowe PWN. Warszawa, 440 s.

Krawczyk W., Leśniok M. 1991. *Skład chemiczny opadów atmosferycznych na obszarze GOP i jego obrzeżach*, [w:] A. T. Jankowski, T. Szczypek (red.), *Materiały sympozjum polsko-czeskiego pt.: Człowiek i jego środowisko w Górnośląsko-Ostrawskim regionie przemysłowym*. Sosnowiec, s. 68–74.

Leśniok M. 2000. *Zróźnicowanie zanieczyszczenia powietrza i opadów atmosferycznych na Wyżynie Śląsko-Krakowskiej w latach 1986–1998*, [w:] J. Burchard (red.), *Stan i antropogeniczne zmiany jakości wód w Polsce*. Wyd. Uniwersytetu Łódzkiego. Łódź, s. 39–46.

Leśniok M. 2009. *Zanieczyszczenie powietrza i opadów atmosferycznych na obszarze Ojcowskiego Parku Narodowego*. „Prądnik, Prace Muz. Szafera”, **19**: 109–118.

Leśniok M., Partyka J. 1993. *Zanieczyszczenie opadów atmosferycznych na obszarze Ojcowskiego Parku Narodowego w latach 1981–1991*. „Prądnik, Prace Muz. Szafera”, **7/8**: 205–211.

Leśniok M., Partyka J. 2001. *Badania zanieczyszczeń wód opadowych na obszarze Ojcowskiego Parku Narodowego*, [w:] *Badania naukowe w południowej części Wyżyny Krakowsko-Częstochowskiej*, red. J. Partyka. Ojców, s. 64–66.

Leśniok M., Partyka J., Rózkowski J. 2002. *Skład chemiczny wód opadowych i jego modyfikacja w trakcie infiltracji w głąb masywu skał węglanowych w zlewni Prądnika (południowa Polska). Jakość i podatność wód podziemnych na zanieczyszczenia*. Prace Wydziału Nauk o Ziemi Uniwersytetu Śląskiego, nr 22, s. 117–126.

Miczyński J., Zawora T. 1990. *Opad pyłu i zakwaszenie środowiska na obszarze Ojcowskiego Parku Narodowego*, [w:] *Informator Regionalny Zakładu Upowszechniania Postępu AR w Krakowie*, nr 287.

Turzański K. P. 1991. *Zanieczyszczenie wód opadowych południowej Polski. Kwaśnie deszcze i ich monitoring*. „Sozologia i Sozotechnika”, z. 34.

Zajac K. P., Bik A., Zawodny Z. 1990. *Zanieczyszczenie wód opadowych na terenie Ojcowskiego Parku Narodowego*. „Ochrona Powietrza”, **5**: 105–108.

SUMMARY

The karstic area is characterized by a variety of geomorphological forms. It causes big microclimatic contrasts. Monitoring of rainwater in Ojców National Park (ONP) is the first step to recognize differences between air pollution concentration in the karstic valley (measuring station in Park Zamkowy in Ojców – PZ) and the plateau (measuring station in Lepianka Czajowska – LCz).

During the period of 2007–2014 the rainwater in ONP was examined. The analyses included electric conductivity (C25) and pH. The mean annual electric conductivity reached the values from 33 to 46 $\mu\text{S}/\text{cm}$ in the plateau and from 19 to 33 $\mu\text{S}/\text{cm}$ in the valley. Monthly and seasonal values showed similar results indicating that the value of C25 is higher in the plateau than in the valley. In addition, the highest and the lowest values of electric conductivity in PZ seemed to be an echo of LCz rainwater pollution situation. The analysis of pH showed that more acidic rainwater was in the valley than in the plateau.

The results of analyses confirmed the rainout and washout processes of pollutant migration described by M. Leśniok (2009). It means that the rainout was a dominant process in the valley (air pollutants were transported above the valley as a result of local air movements) while in the plateau the washout process prevailed (air pollutants were transported from distant areas and washed out in the plateau). The additional sources of pollution in the plateau are the surrounding houses and the motor traffic.