

ODCZYN OPADÓW ATMOSFERYCZNYCH W OKOLICACH OLSZTYNA

Zbigniew Szwejkowski, Stanisław Suchecki, Ewa Dragańska

Katedra Meteorologii i Klimatologii, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski
Pl. Łódzki 1, 10-720 Olsztyn
e-mail: szwzbig@uwm.edu.pl

Streszczenie. W pracy dokonano analizy odczynu wody opadowej, zmierzonego w latach 2002-2006, w laboratorium Regionalnej Stacji Hydrologiczno-Meteorologicznej w Olsztynie. Zmienność rocznych sum opadowych w Olsztynie, w analizowanym pięcioleciu, mieściła się w granicach od 491,7 do 715,3 mm. Średnie roczne pH opadów nad Olsztynem z roku na rok zwiększało się od 4,47 w 2002 roku do 4,87 w 2006. Najniższe wartości pH opadów notowano w lutym, a zawładza w marcu – w dalszej części roku pH opadów pozostawało na niezmiennym poziomie od kwietnia do grudnia. Nie stwierdzono jednoznacznej różnicy pomiędzy pH opadów śniegu i deszczu, zaznaczyła się jednak tendencja utrzymywania się wyższych wartości pH w okresie ciepłym w porównaniu z chłodną częścią roku. Na obszarze Olsztyna przeważały opady o odczynie lekko obniżonym stanowiąc 28,4% wszystkich epizodów. Udział opadów kwaśnych i bardzo kwaśnych wyniósł tylko 17,1%. Im dłuższa była przerwa pomiędzy opadami (do 4 dni) tym pH opadu następnego było niższe, jednak przerwa 4 dni i więcej powodowała wzrost wartości pH. Stwierdzono wzrost zakwaszenia opadów przy kierunkach południowo-zachodnich i południowych wiatru. Analiza regresji wykazała istotną statystyczną zależność pomiędzy pH opadów nad Olsztynem a temperaturą powietrza, sumą opadów dobowych i prędkością wiatru.

Słowa kluczowe: opad atmosferyczny, odczyn, Olsztyn

WSTĘP

Opady atmosferyczne przyczyniają się do usuwania z atmosfery zawartych tam związków chemicznych niegazowych. Zjawisko tego typu występowało w całej historii klimatu, decydując w niektórych jej przedziałach czasowych o znacznych przekształceniach środowiska. Aktualnie wynoszone do atmosfery zanieczyszczenia, zwłaszcza o charakterze antropogenicznym, powracają na powierzchnię ziemi, przysparzając jednak sporo problemów środowiskowych (Jansen i in., 1988, Walna i Siepak 2005). Szczególne nasilenie tego typu zjawisk występuje na terenie państw wysoko uprzemysłowionych, chociaż ze względu na migrację związków zanieczyszczają-

jących wraz z masami powietrza, jego skutki odczuwa się także w krajach ościennych (Rodhe i in. 2004). Od lat wyznacznikiem stanu zagrożeń jest występowanie tzw. kwaśnych deszczów, spowodowane dysocjacją w wodzie opadowej związków siarki i azotu (H_2SO_4 , HNO_3). Pomimo, że w Polsce nastąpiło znaczne obniżenie emisji tego rodzaju związków do atmosfery to jednak ciągle istnieje zagrożenie (Błędzińska 2004a, Błędzińska 2004b) i przez to wymaga stałego monitorowania.

Obszar Polski północno-wschodniej znajduje się pod mniejszą bezpośrednią presją antropogeniczną, co jednak nie oznacza, iż problem kwaśnych deszczy tu nie występuje (Twarowski i in. 2002). Dla zachowania walorów naturalnych tego typu obszarów konieczne staje się stałe monitorowanie sytuacji w tym względzie, wskazywanie na przyczyny i zależności oraz poszukiwanie sposobów ograniczeń (Walna i Siepak 1999, 2005).

MATERIAL I METODY

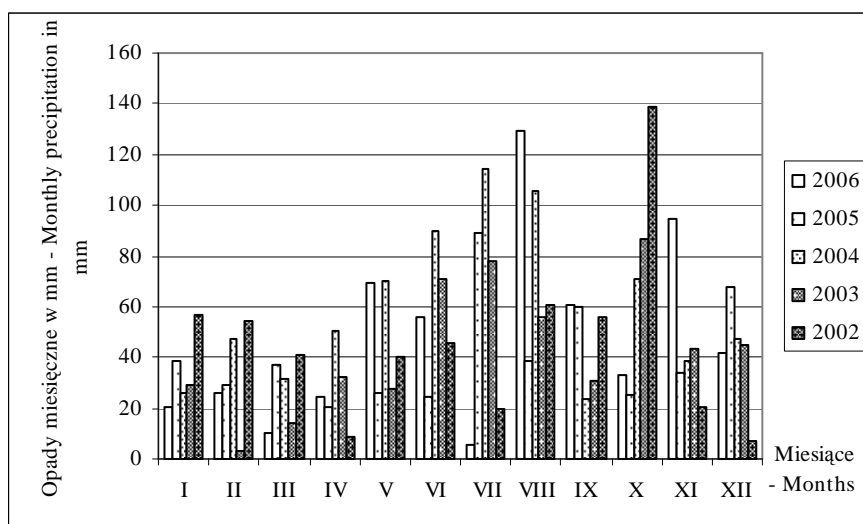
W niniejszej pracy zamieszczono analizę wyników pomiarów odczynu opadów atmosferycznych, które zanotowano w Okręgowej Stacji Meteorologicznej IMGW, zlokalizowanej w Olsztynie-Dajtkach, w latach 2002-2006. Oznaczenia pH dokonywano w próbkach wody opadowej, z okresów dobowych przy użyciu pehametru InoLab pH, Level2. Woda opadowa do pomiarów była pobierana w ramach automatycznego systemu eliminującego wpływ depozycji suchej, a kolektorem do zbierania opadu była butelka polietylenowa o pojemności 1 dm^3 .

Zbiór danych poddano analizom statystycznym obejmującym wyliczenia wartości średnich, w skalach rocznych i miesięcznych oraz sezonowych (porze ciepłej i chłodnej roku). Dodatkowo wyliczono wartości miesięczne uwzględniające odrębnie opady deszczu i śniegu. Należy nadmienić, iż wyliczeń średnich dokonywano na wartościach stężenia jonów wodorowych (mol/litr). Kolejne analizy polegały na wyliczeniach częstości względnej i bezwzględnej dni opadowych w oparciu o szereg rozdzielczy wartości o rozstępie $\text{pH} = 0,5$ w zakresie od >3 do $<7,5$. W dalszej kolejności sprawdzono relacje pomiędzy pH opadu, a długością okresu bezopadowego, a także oceniono wpływ kierunków wiatru na wartość pH. Ponadto dokonano analizy regresji wielokrotnej, metodą krokową wsteczną traktując jako zmienne niezależne: temperaturę powietrza, sumę opadów i wilgotność.

WYNIKI I DYSKUSJA

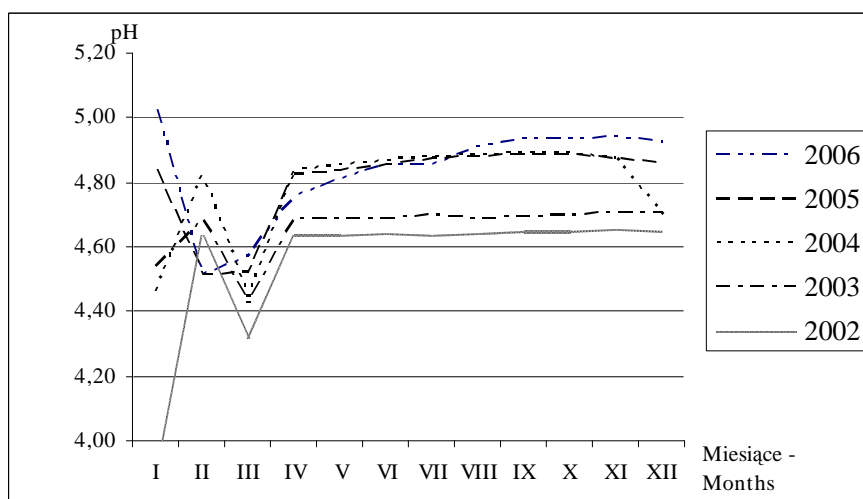
Opady roczne w Olsztynie w analizowanym pięcioleciu 2002-2006 były dość zróżnicowane i w poszczególnych latach wynosiły odpowiednio: 548,5, 517,2, 715,7, 491,3 i 570,3 mm. Sumy opadowe mieściły się, za wyjątkiem roku 2004, w pobliżu średniej wieloletniej dla tego obszaru (Szwejkowski i in. 2005). Prze-

ważą opady letnie, jednak ze znaczącymi wyjątkami (rys. 1). Przede wszystkim wyróżniła się suma zanotowana w październiku 2002, która była najwyższą w roku, a także suma opadów lipca 2006 (najniższa w tym roku), wskazane tu sumy należały do ekstremalnych w całym okresie.



Rys. 1. Miesięczne sumy opadów w Olsztynie w latach 2002-2006

Fig. 1. Monthly totals of precipitation in Olsztyn in the years 2002-2006



Rys. 2. Średnie miesięczne wartości pH opadów w Olsztynie w latach 2002-2006

Fig. 2. Monthly average pH values of rainwater in Olsztyn in the years 2002-2006

Tabela 1. Średnie miesięczne wartości pH dotyczące przypadków opadów śniegu w Olsztynie w latach 2002-2006**Table 1.** Monthly average pH values of snowfall water in Olsztyn in the years 2002 -2006

Miesiące – Months	Lata – Years				
	2002	2003	2004	2005	2006
Styczeń – January	5,16	4,77	4,47	4,45	5,03
Luty – February	4,82	4,39	4,79	4,68	4,52
Marzec – March	4,87	4,16	5,12	4,35	4,70
Kwiecień – April		4,63			
Listopad – November			5,01	4,43	5,51
Grudzień – December	4,39		5,54	4,67	
Średnia wg. stężeń molowych H ⁺ Average according to molar concentration of H ⁺	4,72	4,43	4,85	4,5	4,81

Tabela 2. Średnie miesięczne wartości pH dotyczące przypadków opadów deszczu w Olsztynie w latach 2002-2006**Table 2.** Monthly average pH values of rainwater in Olsztyn in the years 2002 -2006

Miesiące – Months	Lata – Years				
	2002	2003	2004	2005	2006
Styczeń – January	4,61	4,57	4,54	4,59	4,65
Luty – February	4,13		4,64	4,44	4,22
Marzec – March	4,70	4,61	5,06	4,58	4,95
Kwiecień – April	4,89	4,80	4,87	5,13	5,65
Maj – May	4,70	4,62	5,71	5,10	5,04
Czerwiec – June	4,71	4,85	5,12	5,38	5,20
Lipiec – July	4,49	5,17	5,38	5,32	4,96
Sierpień – August	5,89	4,45	5,27	5,46	5,15
Wrzesień – September	5,28	5,21	4,96	5,22	5,30
Październik – October	4,68	5,07	4,87	4,76	4,94
Listopad – November	5,04	4,95	4,42	4,81	4,91
Grudzień – December	4,41	4,87	3,54	4,77	4,81
Średnia wg. stężeń molowych H ⁺ Average according to molar concentration of H ⁺	4,63	4,77	4,43	4,84	4,84

W zarysowanych powyżej warunkach wielkości opadowych kształtował się ich odczyn, na który wpływ miały, jak można przypuszczać z lektury wielu publikacji, zarówno emisje lokalne związków zanieczyszczających powietrze, jak i tzw. przepływ transgraniczny (Avila i Alarcon 2000, Walna i Siepak 1999). Bezwzględnie najniższą wartość pH opadów dobowych, wynoszącą 2,68, odnotowano 31 grudnia 2004, i to w sytuacji, gdy pH opadów z dób poprzedzających i następnych wynosiły blisko 5,0. Świadczyć to może o awarii, która nastąpiła w skali lokalnej i doprowadziła do dużego zanieczyszczenia powietrza związkami siarki lub azotu. Zdziwiającym jest fakt, iż tego samego miesiąca i roku zarejestrowano opad, który charakteryzował się najwyższą wartością pH – 7,89. Według informacji zawartych w literaturze przedmiotu, odczyn opadu bywa wysoki w miejscach i czasie gdy do atmosfery trafia duża ilość gazowego amoniaku lub pyłów zobojętniających, na przykład z prowadzonych budów (Błędzińska 2004a). W rozpatrywanym przypadku coś takiego jednak nie mogło mieć miejsca.

Wyliczenia wykazały, że średnie roczne wartości pH opadów stopniowo i regularnie wzrastały od 4,47 w 2002 roku do 4,87 w 2006. Są to wartości, które zgodnie z klasyfikacją Jansena (Jansen i in., 1988), należy uznać za lekko, znacznie, aż do silnie obniżonych. Wzrost wartości pH opadów nad Olsztynem należy wiązać przede wszystkim z dalszym zmniejszaniem się udziału lokalnych urządzeń grzewczych, co zaznacza się pomimo zintensyfikowania ruchu drogowego, będącego źródłem tlenków azotu. Wartości średnie miesięczne pH opadów (rys. 2) mieściły się w granicach od 3,89 do 5,03. Obie wartości charakteryzowały ten sam miesiąc, czyli styczeń w latach odpowiednio 2002 i 2006. Sytuacja w styczniu była co roku bardzo zróżnicowana, ponieważ obok tych wartości ekstremalnych wystąpiły tylko średnie zbliżone do jednego lub drugiego ekstremum, a nie notowano wartości w pobliżu średniej. W lutym pH było zawsze wyższe, zwłaszcza gdy opady styczniowe okazywały się szczególnie kwaśne, lub zawsze niższe gdy w styczniu pH osiągało wartości w pobliżu tylko lekko obniżonych. Nieco podobna sytuacja występowała na pograniczu lutego i marca, z tym, że w marcu pH opadów kształtowało się zawsze poniżej granicy znacznie obniżonych. Corocznie opady kwietniowe stawały się mniej kwaśne, stwierdzano wtedy wartości pH określane jako lekko obniżone – w granicach 4,6-5,0. Sytuacja taka trwała co roku aż do grudnia, a pH pozostawało prawie na niezmiennym, chociaż co roku nieco wyższym poziomie (tylko w 2005 roku nastąpił lekki spadek).

Na podstawie informacji zawartych w piśmiennictwie, można sądzić o możliwości dużego zróżnicowania odczynu opadów stałych i deszczu. Krystalizacja bowiem prowadzi do znacznego wzbogacania wody w wiele jonów, w tym jony wodorowe (Dechnik i in. 1990). W analizowanym przypadku na poziomie średnich rocznych charakteryzujących opady stałe i wodę (tab. 1 i 2), tego typu zależność się nie pojawiła, a nawet w większości przypadków pH śniegu było nieco wyższe. Jest oczywi-

stym, że tego typu porównanie nie jest zbyt precyzyjne gdyż liczba epizodów typów opadowych była bardzo zróżnicowana. Ponieważ pH często ma wartość zależną od incydentalnych przypadków, to w zdecydowanie częstszych epizodach opadu deszczu mieścić się może relatywnie mniej sytuacji zakłócających. Dzieliąc sezony opadowe na chłodny i ciepły uzyskano wartości, które jednoznacznie wskazują, że w porze cieplej przeciętne pH było wyższe, zatem jak można domniemywać, zanieczyszczenie powietrza mniejsze (tab. 3). Tak zestawione dane wpisują się w cały ciąg doniesień wielu autorów stwierdzających związki temperatury powietrza i pory roku z odczynem opadów (Tanner 1999, Walna i Siepak 1999, 2005). Wy tłumaczenie tego faktu jak się wydaje jest dość proste. Pora chłodna to większe spalanie w elektrociepłowniach, chociaż, jak wyżej wspomniano, coraz lepiej zabezpieczone przed uwalnianiem dużych ilości związków siarki. Nasilający się w porze letniej ruch drogowy, emitujący tlenki azotu (Błędzińska 2004b), omija nieco Olsztyn kierując się głównie w rejon Wielkich Jezior Mazurskich.

Tabela 3. Średnie sezonowe wartości pH dotyczące przypadków opadów w Olsztynie w latach 2002-2006.

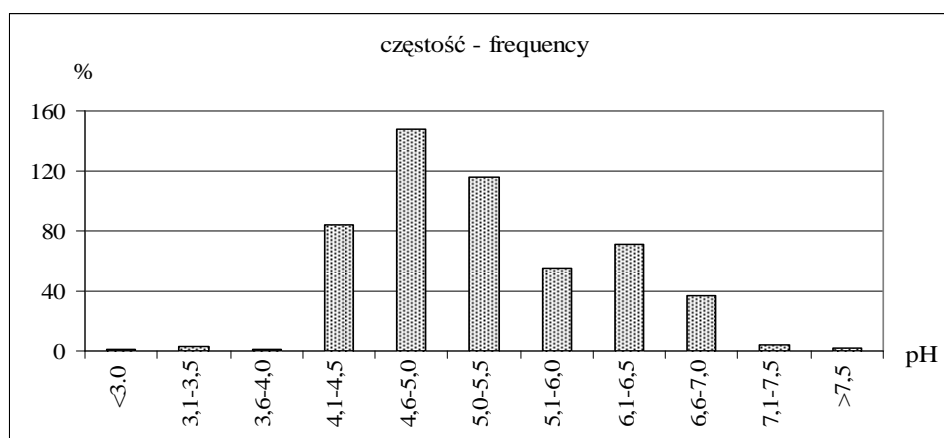
Table 3. Cool and warm seasons average pH values of snow- and rainwater in Olsztyn in the years 2002-2006

Sezony Seasons of the year	Lata – Years				
	2002	2003	2004	2005	2006
Chłodny (X-III) Cold (months: X- III)	4,46	4,63	4,70	4,75	4,74
Ciepły (IV-IX) Warm (months: IV- IX)	4,64	4,69	4,87	4,86	4,85

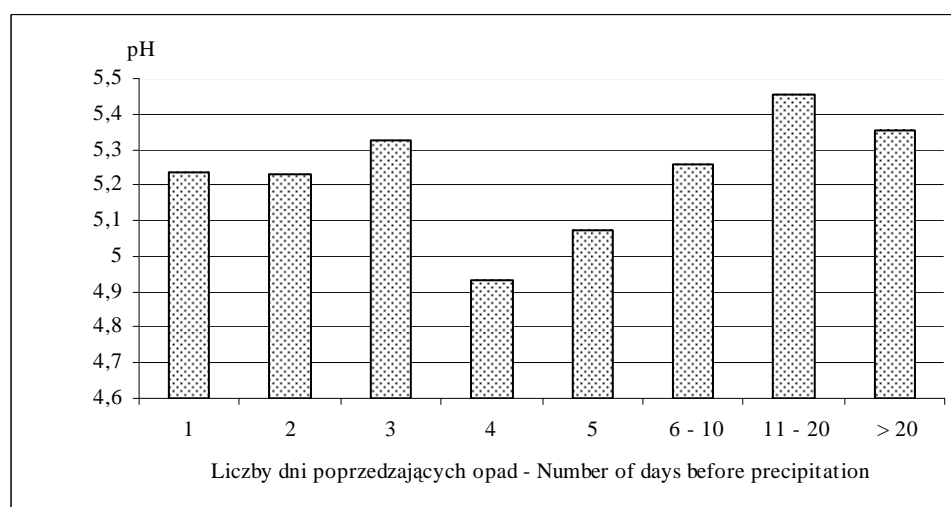
Najczęściej, w analizowanym okresie, występowały opady o wartościach pH w przedziale 4,6-5,0, czyli o odczynie, wg skali Jansena, lekko obniżonym (rys. 2). W ujęciu względnym stanowiły one 28,4% przypadków. Łączna względna liczba epizodów opadowych o wartościach pH poniżej 4,6, czyli opadów o odczynie mocno i silnie obniżonym, stanowiła tylko 17,1%. W konfrontacji do danych z innych regionów Polski sytuacja w okolicach Olsztyna wydaje się być pod tym względem bardzo korzystna. Badania Walnej i in. (2003) dowodzą bowiem, że przykładowo w Wielkopolsce, przeważają opady o odczynie znacznie obniżonym. Zakres pH, który uznaje się za naturalny (5,6-6,0), charakteryzował ok. 11% dni opadowych.

Wartości podwyższonego odczynu opadów były wyjątkowo częste w porównaniu do notowań w innych, bardziej uprzemysłowionych rejonach Polski (Turzański 1991, Twarowski i in. 2002, Walna i in. 2003, 2005). Duża liczba przypadków opadów o odczynie powyżej pH 6,0 – w Olsztynie w latach 2002-2006

było ich blisko 23% – nie oznacza większej czystości powietrza tylko inny rodzaj zanieczyszczeń.



Rys. 3. Częstość względna opadów w wyodrębnionych przedziałach wartości pH
Fig. 3. Relative frequency of sums of daily precipitations in intervals of pH values

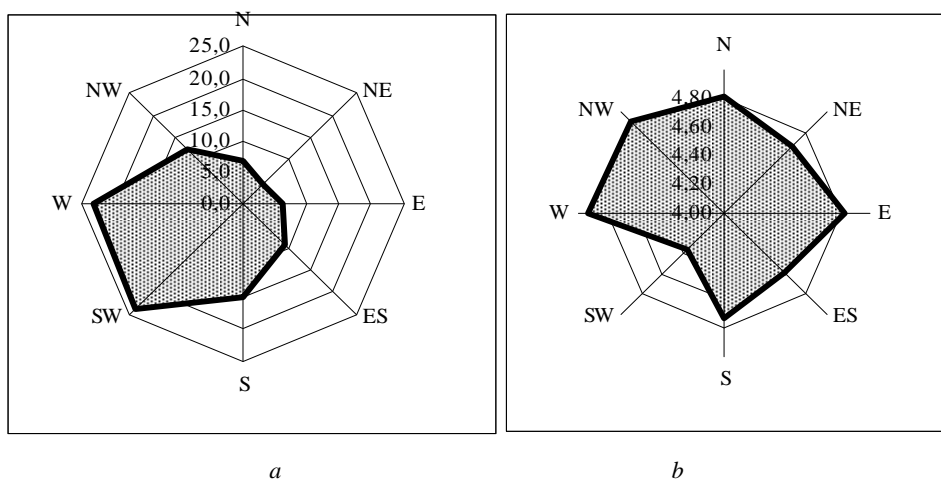


Rys. 4. Średnie wartości pH opadów w zależności od ilości dni pomiędzy kolejnymi dniami z opadem
Fig. 4. Average pH values of rainwater in dependence on number of days preceding rain

W niektórych opracowaniach zawarta została sugestia, iż odczyn opadów zmienia się wyraźnie w zależności od następstwa czasowego epizodów. Opady ciągle i przerywane dłuższymi okresami bezopadowymi charakteryzują się innymi

wartościami pH (Błędzińska 2004a). W analizowanym przypadku także stwierdzono tego typu związek, na co wskazuje wykres na rysunku 4. Z jego treści bowiem można odczytać zależność, iż okres bezopadowy do 4 dni powoduje spadek wartości pH opadów po nim następujących, odczyn staje się bardziej kwaśny. Gdy przerwy trwały dłużej niż 4 dni wówczas opady po nich następujące charakteryzowały się wyższymi wartościami pH.

W przypadku posiłkowania się danymi z pojedynczej stacji monitoringu trudno jednoznacznie określić źródło pochodzenia zanieczyszczeń. Na stan jakości opadów oceniany wartością pH, z całą pewnością składają się zarówno zanieczyszczenia lokalne jak i transgraniczne. Pewne wskazówki na ten temat można odczytać z przedstawionych na rysunku 5 wykresów róży wiatrów. W Olsztynie, jak widać przeważają wiatry z sektora zachodniego (ponad 56% przypadków). Sytuacja taka jest typowa dla całego kraju (Błędzińska 2004b). W zdecydowanej większości przypadków, nie zarysowały się większe różnice pH opadów w zależności od kierunku wiatru w danym dniu. Należy jednak podkreślić, iż podczas wiatrów, generalnie z sektora południowo-zachodniego, średnie pH opadów było niższe. Znajomość lokalizacji stacji IMGW i źródeł punktowych zanieczyszczeń w Olsztynie, od razu sugeruje odpowiedź na pytanie dlaczego tak się dzieje. Niewątpliwie na taki obraz sytuacji wpływ miała nie tyle cyrkulacja niosąca zanieczyszczenia transgraniczne, a oddziaływanie lokalnej ciepłowni, która znajduje się na kierunku południowo-zachodnim, względem miejsca pomiaru.



Rys. 5. Róża wiatrów (*a* – względna częstość kierunków w %, *b* – kierunki wiatrów a przeciętne pH opadów)

Fig. 5. Wind roses (*a* – relative frequency of wind directions in %, *b* – wind directions and respective pH values of precipitation)

W końcowej fazie analizy dokonano obliczeń wpływu zanotowanych równolegle wartości podstawowych elementów meteorologicznych na pH opadów. Analiza regresji dała wynik w postaci równania przedstawionego poniżej:

$$y = 4,701 + 0,047x_1 - 0,026x_2 + 0,096x_3 \quad (1)$$

$R = 0,41$, R^2 skorygowane $0,16$, błąd standardowy estymacji $0,72$, wartości r korelacji cząstkowej dla: $x_1 = 0,39$, $x_2 = -0,20$, $x_3 = 0,15$

gdzie: y – pH opadu, x_1 – temperatura powietrza ($^{\circ}\text{C}$), x_2 – suma opadów dobowych (mm), x_3 – prędkość wiatru ($\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$)

Wprawdzie wartości wskaźników estymacji równania są bardzo niskie, to jednak jest ono statystycznie istotne. W powyższym równaniu optymalnym jako całość, związek poszczególnych zmiennych niezależnych z pH opadów, ustalony na podstawie wartości skorygowanego współczynnika determinacji, wyniósł 16%. Można także przyjąć, za danymi z równania, iż przy wyższej temperaturze i większej prędkości wiatru notowano opady o pH wyższym, natomiast wraz z wyższymi sumami dobowymi opadu jego odczyn stawał się bardziej kwaśny.

WNIOSKI

Pięcioletni 2002-2006, precyzyjny monitoring odczynu opadów atmosferycznych, notowanych na stacji IMGW w Olsztynie – Dajtkach, pozwolił zgromadzić informacje, na podstawie których można wysnuć następujące wnioski:

1. Zmienność rocznych (od 491,7 do 715,3 mm) i miesięcznych sum opadów w Olsztynie w analizowanym pięcioleciu była duża i wynikała z ogólnych tendencji przebiegu warunków klimatycznych pierwszej połowy XXI wieku.

2. Średnie roczne pH opadów nad Olsztynem z roku na rok, stopniowo, jednoznacznie się zwiększało. Najniższe wartości pH, a tym samym najbardziej kwaśny odczyn opadów notowano w lutym, a zwłaszcza w marcu każdego roku. Poza dużą zmiennością w styczniu, w dalszej części, roku pH opadów pozostawało na niezmiennym poziomie od kwietnia do grudnia.

3. Nie stwierdzono jednoznacznej różnicy pomiędzy pH opadów śniegu i deszczu; prawdopodobnie w dużej części wynikało to ze stosunkowo niewielkiej ilości epizodów opadów stałych w tych latach. Zaznaczyła się jednak tendencja utrzymywania się wyższych wartości pH w okresie ciepłym w porównaniu z chłodną częścią roku.

4. Na obszarze Olsztyna przeważały opady o odczynie lekko obniżonym stanowiąc 28,4% wszystkich epizodów. Udział opadów kwaśnych i bardzo kwaśnych wyniósł tylko 17,1%.

5. Im dłuższa przerwa pomiędzy opadami (do 4 dni) tym pH opadu następnego było niższe. Przerwa powyżej 4 dni powodowała wzrost wartości pH.

6. Zidentyfikowano jedno źródło lokalnego intensywniejszego zakwaszenia opadów atmosferycznych na podstawie kierunku wiatru. Okazała się nim ciepłownia miejska, której lokalizacja, co do strony świata względem stacji monitoringu, jest zgodna z wymową treści wykresu zanieczyszczeniowej róży wiatru.

7. Analiza regresji wykazała istotną statystyczną zależność pomiędzy pH opadów nad Olsztynem a temperaturą powietrza, sumą opadów dobowych i prędkością wiatru.

PIŚMIENNICTWO

- Avila A., Alarcon M., 2000. Relationship between precipitation chemistry and meteorological situation at a rural site in NE Spain. *Atmos. Environ.*, 33, 16-33.
- Błędzińska A., 2004a. Zależność odczynu wody opadowej pH od wysokości opadów atmosferycznych na stacji Warszawa Ursynów w latach 1998- 2003. *Prz. Nauk. Wydz. Inż. i Kszt. Środ.*, R. XII, z.1, (28), 80-89.
- Błędzińska A., 2004b. Związek pomiędzy kwasowością opadów atmosferycznych a kierunkiem napływu mas powietrza w rejonie Ursynowa. *Prz. Nauk. Wydz. Inż. i Kszt. Środ.*, R. XII, 2 (29), 80-89.
- Jansen W., Brock A., Knack J., 1988. Acid rain: formation and effect. *Aura*, v 4, 18-19.
- Dechnik J., Gliński J., Kaczor A., Kren H., 1990. Rozpoznanie wpływu kwaśnych deszczy na glebę i roślinę. *Problemy Agrofizyki*, PAN Ossolineum, 69,12-44.
- Rodhe H., Dentener F., Schulz M., 2004. The global distribution of acidifying wet deposition. *Environ. Sci. Technol.*, 36, 43-82.
- Szwejkowski Z., Dragańska E., Banaszkiewicz B., 2005. Warunki pluwiotermiczne w Polsce północno-wschodniej w wieloleciu 1971-2000. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.*, 505, 431-438.
- Tanner T.A., 1999. Relationship between rainwater composition and synoptic weather system deduced from measurement and analysis of Hong Kong daily rainwater data. *Journal of Atmospheric Chemistry*, 33, 219-40.
- Turzański K., P. 1991. Zanieczyszczenie wód opadowych południowej Polski. Kwaśne deszcze i ich monitoring. *Sojologia i technika*, *Zesz. Nauk AGH*, 34,1-106. ????
- Twarowski R., Blachuta J., Gendolla T., Liana E., Sienkiewicz R., 2002. Spatial distribution for the deposition of pollutants from precipitation over Poland according to the direction of advection. W (ed. Burchard) *The state and the anthropogenic changes of water quality in Poland*. Lodz. Univ Press., 34-40.
- Walna B., Polkowska Z., Małek S., Mędrzycka K., Namieśnik J., Siepak J., 2003. Tendences of change in the chemistry of precipitation at three monitoring station 1996-1999. *Polish Journal of Environmental Studies*, 12, 457-472.
- Walna B., Siepak J., 1999. Research on the variability of physical-chemical parameters characterizing acidic atmospheric precipitation at the Jeziory Ecological Station in the Wielkopolski National Park. *The Science of the Total Environment*, 239, 173-187.
- Walna B., Siepak J., 2005 Aktualne problemy naukowe w badaniach opadów atmosferycznych na przykładzie Stacji Jeziory. *Zesz. Nauk. Wydz. Budown. i Inż. Środ. Polit. Koszal.*, 22, 903-934.

**REACTION OF ATMOSPHERIC PRECIPITATION WATER
OVER OLSZTYN AREA***Zbigniew Szwejkowski, Stanisław Suchecki, Ewa Dragańska*

Department of Meteorology and Climatology, Warmia and Mazury University
pl Łódzki 1, 10-720 Olsztyn
e-mail: szwzbig@uwm.edu.pl

Abstract. The study presents an analysis of the acidity of rainfalls as measured by the Hydro-Meteo Regional Station in Olsztyn in the period between 2002 and 2006. The variance of annual and monthly rainfall totals during this period ranged between 491.7 and 715.3 mm. The mean annual pH values of rainfalls over Olsztyn increased year to year from 4.47 in 2002 to 4.87 in 2006. The lowest pH was measured in February and especially in March, with the remainder of the year at a stable level from April to December. No clear difference was observed between the pH of rain- and snowfall, however, we found that the pH values were higher during warmer periods of the year. Olsztyn experienced base (pH 4.6-5.0) rainfall in 28.4% of cases as opposed to slightly-to-very acidic character in only 17.1% of the time. The longer the time window (up to 4 days) between successive rainfalls the lower was the pH, however once the window exceeded 4 days the pH values started to increase. The acidity of rainfall was also influenced by wind direction, with winds from south and southwest linked to higher acidity of rainfall. The regression analysis found significant relationship between the pH values of rainfall over Olsztyn and air temperature, daily rainfall total and wind velocity.

Keywords: atmospheric precipitation, reaction, Olsztyn