

# The dynamics of concentration of selected chemical components of rainfalls in the Szczecin

## Dynamika stężenia wybranych składników chemicznych w opadach atmosferycznych na terenie miasta Szczecin

**Piotr Daniszewski**

Katedra Zoologii Bezkręgowców i Limnologii  
Wydział Biologii, Uniwersytet Szczeciński  
ul. Wąska 13, 71-415 Szczecin, Poland

E-mail address: daniszewski@univ.szczecin.pl

### ABSTRACT

The progress of civilization and also growing up processes the transformative environment adversely affect the individual elements of the natural environment. These processes they realize that individual elements of environmental protection becomes the basis for the further development of socio-economic background. In recent years the increasing pollution of the atmosphere causes more and more interest in the science of the substances contained in it and merge back to the surface of the Earth. Of great importance for the environment have the substances contained in the water drainage, as in the form of dissolved very easily reach the individual environmental elements causing their contamination. Research was carried out in the years 2008-2011 (January-December) in the town of Szczecin. In the tests was measured the amount of precipitation, chemical composition ( $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$  - ions were numbered), pH and conductivity. Szczecin is situated in North-Western Poland, in the western part of the province. West at the Polish-German border. The town lies on the river Oder and the Lake Dabie, covering part of the inter-Odra. Szczecin is located on the city's Lower Oder Valley four geographical: Szczecin, Beech Hill, Elevation and Plain Goleniowska-they are part of port of Szczecin. The most affecting the North Atlantic air mass polarnomorskiego from the high humidity, which affects the increase in cloud cover and in the summer the amount of precipitation; in winter involves a warming and a large and. These weight most outstanding summer and autumn. The presence of this air is observed most commonly in winter and spring. Is it a little water vapour content. Much less likely to flood the air Arctic-weather very variable, it brings with it major changes in temperature and spring frosts. Least likely has the presence of air, which brings periods of rapid warming marshes, appearing sometimes in winter and occasionally in the summer.

**Keywords:** wet the fallout of atmospheric pollutants; pH; concentration of chemical components; the amount of precipitation

### STRESZCZENIE

Postęp cywilizacyjny a także nasilające się procesy przekształcające środowisko naturalne wpływają niekorzystnie na poszczególne elementy środowiska przyrodniczego. Procesy te uświadamiają nam, że ochrona poszczególnych elementów środowiska przyrodniczego staje się

podstawą dla dalszego rozwoju społeczno – ekonomicznego. Występujące w ostatnich latach zwiększające się zanieczyszczenie atmosfery powoduje coraz większe zainteresowanie nauki ilością substancji znajdujących się w niej oraz doprowadzanych z powrotem na powierzchnię ziemi. Duże znaczenie dla środowiska naturalnego mają substancje zawarte w wodzie opadowej, gdyż w postaci rozpuszczonej bardzo łatwo docierają do poszczególnych elementów środowiska przyrodniczego powodując ich zanieczyszczenie. Badania prowadzono w latach 2008 – 2011 (styczeń – grudzień) na terenie miasta Szczecin. W badaniach mierzono wysokość opadu, skład chemiczny (oznaczano jony -  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$ ) oraz odczyn pH i przewodnictwo. Szczecin leży w północno-zachodniej Polsce, w zachodniej części woj. zachodniopomorskiego przy granicy polsko-niemieckiej. Miasto leży nad rzeką Odrą oraz jeziorem Dąbie, obejmując część Międzyodrza. Szczecin jest położony na obszarze czterech mezoregionów geograficznych: Dolina Dolnej Odry, Wzniesienia Szczecińskie, Wzgórza Bukowe i Równina Goleniowska – wchodzi one w skład Pobrzeża Szczecińskiego. Najczęściej oddziałujące masy powietrza polarnomorskiego z południowego Atlantyku charakteryzują się dużą wilgotnością, co latem wpływa na wzrost zachmurzenia i ilości opadów atmosferycznych; zimą wiąże się z ociepleniem i dużym zachmurzeniem. Masy te najczęściej zalegają latem i jesienią. Rzadziej napływa powietrze polarnokontynentalne z Europy Wschodniej i z Azji. Obecność tego powietrza obserwuje się najczęściej zimą i wiosną. Odnacza się ono małą zawartością pary wodnej. Podczas jego zalegania wiosną występują liczne przymrozki, zimy są mroźne i słoneczne. Znacznie rzadziej napływa powietrze arktyczne – przynosi ono pogodę bardzo zmienną, ze znacznymi zmianami temperatury i wiosenne przymrozki. Najrzadziej notuje się obecność powietrza zwrotnikowego, które niesie okresy gwałtownego ocieplenia, pojawiające się niekiedy zimą oraz sporadycznie latem.

**Słowa kluczowe:** mokry opad zanieczyszczeń atmosferycznych, pH, stężenie składników chemicznych, wysokość opadów

## 1. WPROWADZENIE

Postęp cywilizacyjny a także nasilające się procesy przekształcające środowisko naturalne wpływają niekorzystnie na poszczególne elementy środowiska przyrodniczego [1-3, 5-9,10,25-28]. Procesy te uświadamiają nam, że ochrona poszczególnych elementów środowiska przyrodniczego staje się podstawą dla dalszego rozwoju społeczno – ekonomicznego [1,2,7,9,19-21]. Występujące w ostatnich latach zwiększające się zanieczyszczenie atmosfery powoduje coraz większe zainteresowanie nauki ilością substancji znajdujących się w niej oraz doprowadzanych z powrotem na powierzchnię ziemi [1,3, 4,18, 24-28]. Duże znaczenie dla środowiska naturalnego mają substancje zawarte w wodzie opadowej, gdyż w postaci rozpuszczonej bardzo łatwo docierają do poszczególnych elementów środowiska przyrodniczego powodując ich zanieczyszczenie [1,3,4,19-21,24-28]. Celem pracy było określenie wysokości opadu atmosferycznego, składu chemicznego (oznaczano jony -  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$ ) oraz odczynu pH i przewodnictwa.

## 2. CZĘŚĆ DOŚWIADCZALNA

Badania prowadzono w latach 2008 – 2011 (styczeń – grudzień) na terenie miasta Szczecin. Szczecin leży w północno-zachodniej Polsce, w zachodniej części woj. zachodniopomorskiego przy granicy polsko-niemieckiej. Miasto leży nad rzeką Odrą oraz jeziorem Dąbie, obejmując część Międzyodrza [11-14].

Szczecin jest położony na obszarze czterech mezoregionów geograficznych: Dolina Dolnej Odry, Wzniesienia Szczecińskie, Wzgórza Bukowe i Równina Goleniowska – wchodzi one w skład Pobrzeża Szczecińskiego [11-14].

Najczęściej oddziałujące masy powietrza polarnomorskiego z nad północnego Atlantyku charakteryzują się dużą wilgotnością, co latem wpływa na wzrost zachmurzenia i ilości opadów atmosferycznych; zimą wiąże się z ociepleniem i dużym zachmurzeniem. Masy te najczęściej zalegają latem i jesienią [11-14].

Rzadziej napływa powietrze polarnokontynentalne z Europy Wschodniej i z Azji. Obecność tego powietrza obserwuje się najczęściej zimą i wiosną. Odznacza się ono małą zawartością pary wodnej [11-14]. Podczas jego zalegania wiosną występują liczne przymrozki, zimy są mroźne i słoneczne. Znacznie rzadziej napływa powietrze arktyczne – przynosi ono pogodę bardzo zmienną, ze znacznymi zmianami temperatury i wiosenne przymrozki [11-14]. Najrzadziej notuje się obecność powietrza zwrotnikowego, które niesie okresy gwałtownego ocieplenia, pojawiające się niekiedy zimą oraz sporadycznie latem [11-14].

Na mapie nr 1, przedstawiono usytuowanie punktu pomiarowego na terenie miasta Szczecin.



**Mapa 1.** Usytuowanie punktu pomiarowego w Szczecinie. *Źródło: Google map 2012/ Opracowanie własne*

Przy lokalizacji punktu pomiarowego, wyborze rodzaju chwytaczy opadów atmosferycznych oraz sposobu poboru prób wody opadowej kierowano się wytycznymi zawartymi w Polskiej Normie PN – 91C – 04642/02 [29]. Próby z kolektorów opadów były zbierane jako opad całkowity i opad mokry. Próby zbierano w cyklu dobowym. Wielkość opadu atmosferycznego była mierzona za pomocą deszczomierza Hellmanna (jest to deszczomierz do mierzenia opadów atmosferycznych - deszczu i śniegu). Pobór próbek prowadzono systemem dobowym. Metodykę przeprowadzonych oznaczeń chemicznych oparto na opracowaniu Hermanowicza i in. [1999]. W niniejszej pracy oznaczono stężenie  $\text{NH}_4^+$  - zgodnie z PN/C-04576.01,  $\text{NO}_3^-$  - zgodnie z PN/C-04576.09,  $\text{PO}_4^{3-}$  - zgodnie z PN/C-04537.02.

### 3. WYNIKI I DYSKUSJA

Rozkład wielkości opadów atmosferycznych na terenie miasta Szczecin oraz średnie miesięczne i roczne wartości ich parametrów fizyko-chemicznych przedstawiono w tabelach 1 - 4.

**Tabela 1.** Średnie miesięczne i roczna wielkość opadu atmosferycznego (w mm) oraz parametrów fizyko-chemicznych wód opadowych w 2008 roku

**Table 1.** Mean monthly and annual precipitation (in mm) and physico-chemical parameters of precipitation in 2008

Miesiąc	Opad		pH	Przewodnictwo	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>
	mm	dni		μS·cm <sup>-1</sup>	mgN·dm <sup>-3</sup>	mgN·dm <sup>-3</sup>	mg PO <sub>4</sub> ·dm <sup>-3</sup>
Styczeń	36,2	19	4,78	37,52	0,730	0,681	0,052
Luty	27,5	16	4,85	38,26	0,679	0,735	0,053
Marzec	34,8	22	4,89	34,71	0,528	0,528	0,041
Kwiecień	38,7	15	5,11	28,93	0,326	0,462	0,028
Maj	46,3	10	5,18	26,37	0,311	0,427	0,024
Czerwiec	57,2	15	5,45	24,92	0,405	0,283	0,020
Lipiec	70,4	14	5,68	18,93	0,348	0,247	0,019
Sierpień	65,8	15	5,72	18,25	0,302	0,189	0,020
Wrzesień	45,9	17	5,63	21,83	0,387	0,253	0,016
Październik	47,2	19	5,34	29,46	0,516	0,307	0,023
Listopad	43,8	16	5,08	34,71	0,562	0,471	0,029
Grudzień	45,7	17	4,67	38,60	0,685	0,597	0,038
<b>Średnia</b>			<b>5,19</b>	<b>29,37</b>	<b>0,482</b>	<b>0,432</b>	<b>0,030</b>
<b>Razem 2008</b>	<b>559,5</b>	<b>195</b>	-				

**Tabela 2.** Średnie miesięczne i roczna wielkość opadu atmosferycznego (w mm) oraz parametrów fizyko-chemicznych wód opadowych w 2009 roku

**Table 2.** Mean monthly and annual precipitation (in mm) and physico-chemical parameters of precipitation in 2009

Miesiąc	Opad		pH	Przewodnictwo	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>
	mm	dni		μS·cm <sup>-1</sup>	mgN·dm <sup>-3</sup>	mgN·dm <sup>-3</sup>	mg PO <sub>4</sub> ·dm <sup>-3</sup>
Styczeń	38,1	19	4,62	35,73	0,685	0,649	0,049
Luty	29,4	16	4,74	38,27	0,647	0,741	0,045
Marzec	31,7	22	4,83	36,15	0,531	0,542	0,039
Kwiecień	43,5	15	5,18	31,72	0,368	0,475	0,028
Maj	52,8	8	5,23	28,69	0,326	0,419	0,020
Czerwiec	56,2	16	5,38	25,81	0,372	0,274	0,018
Lipiec	74,1	14	5,64	16,49	0,360	0,249	0,016
Sierpień	63,8	16	5,70	17,25	0,275	0,185	0,017
Wrzesień	43,7	17	5,67	21,70	0,387	0,237	0,019
Październik	45,2	15	5,42	32,84	0,492	0,381	0,024
Listopad	49,5	17	5,16	38,51	0,574	0,520	0,029
Grudzień	40,7	17	4,63	39,36	0,692	0,704	0,039
<b>Średnia</b>			<b>5,18</b>	<b>30,21</b>	<b>0,476</b>	<b>0,448</b>	<b>0,029</b>
<b>Razem 2009</b>	<b>568,7</b>	<b>192</b>	-				

**Tabela 3.** Średnie miesięczne i roczna wielkość opadu atmosferycznego (w mm) oraz parametrów fizyko-chemicznych wód opadowych w 2010 roku

**Table 3.** Mean monthly and annual precipitation (in mm) and physico-chemical parameters of precipitation in 2010

Miesiąc	Opad		pH	Przewodnictwo	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>
	mm	dni		μS·cm <sup>-1</sup>	mgN·dm <sup>-3</sup>	mgN·dm <sup>-3</sup>	mg PO <sub>4</sub> ·dm <sup>-3</sup>
Styczeń	34,5	19	4,73	35,24	0,702	0,639	0,053
Luty	28,6	16	4,86	37,96	0,637	0,695	0,049
Marzec	36,9	21	4,82	36,28	0,492	0,538	0,040
Kwiecień	46,2	16	5,08	33,72	0,366	0,470	0,028
Maj	53,7	9	5,24	29,61	0,329	0,437	0,021
Czerwiec	58,1	14	5,39	24,28	0,341	0,269	0,018
Lipiec	75,9	13	5,58	18,52	0,313	0,238	0,015
Sierpień	68,3	16	5,69	19,14	0,281	0,193	0,017
Wrzesień	45,8	17	5,70	23,71	0,428	0,204	0,020
Październik	43,1	18	5,36	32,68	0,483	0,285	0,024
Listopad	47,6	16	5,14	35,15	0,583	0,460	0,029
Grudzień	40,8	17	4,65	38,20	0,679	0,582	0,038
<b>Średnia</b>			<b>5,19</b>	<b>30,37</b>	<b>0,469</b>	<b>0,417</b>	<b>0,029</b>
<b>Razem 2010</b>	<b>579,5</b>	<b>192</b>	-				

**Tabela 4.** Średnie miesięczne i roczna wielkość opadu atmosferycznego (w mm) oraz parametrów fizyko-chemicznych wód opadowych w 2011 roku

**Table 4.** Mean monthly and annual precipitation (in mm) and physico-chemical parameters of precipitation in 2011

Miesiąc	Opad		pH	Przewodnictwo	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>
	mm	dni		μS·cm <sup>-1</sup>	mgN·dm <sup>-3</sup>	mgN·dm <sup>-3</sup>	mg PO <sub>4</sub> ·dm <sup>-3</sup>
Styczeń	35,8	19	4,78	38,52	0,694	0,640	0,052
Luty	28,4	17	4,85	37,27	0,638	0,739	0,047
Marzec	33,7	22	4,89	35,84	0,502	0,517	0,038
Kwiecień	37,4	13	5,11	34,19	0,382	0,472	0,026
Maj	43,9	8	5,18	29,71	0,350	0,429	0,024
Czerwiec	55,2	15	5,45	25,68	0,319	0,317	0,025
Lipiec	72,4	17	5,68	18,30	0,371	0,271	0,016
Sierpień	64,8	15	5,72	17,46	0,342	0,206	0,017
Wrzesień	44,9	17	5,63	21,52	0,406	0,253	0,013
Październik	43,5	16	5,34	27,91	0,481	0,348	0,019
Listopad	42,7	18	5,08	34,84	0,593	0,469	0,026
Grudzień	41,4	16	4,67	39,47	0,657	0,627	0,042
<b>Średnia</b>			<b>5,20</b>	<b>30,06</b>	<b>0,478</b>	<b>0,441</b>	<b>0,029</b>
<b>Razem 2011</b>	<b>544,1</b>	<b>193</b>	-				

Średnia roczna wartość odczynu pH zebranych wód opadowych w okresie od 2008 do 2011 roku wskazywała na ich kwaśny charakter (tab. 1 - 4). Wszystkie pobrane do badań próby opadu mokrego posiadały wartość pH niższą od 5,6, czyli od wartości odpowiadającej naturalnemu odczynowi wód opadowych [4, 22]. Opady atmosferyczne charakteryzowały się również zróżnicowaniem ilości pozostałych badanych wskaźników:  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$ .

Wskaźniki zanieczyszczenia opadów były w okresie badań zróżnicowane, lecz nie wystąpiły wyraźne tendencje zmniejszania się czy też zwiększania badanych wskaźników. Jest to zgodne z brakiem wyraźnych tendencji zmian emisji zanieczyszczeń powietrza w regionie województwa zachodniopomorskiego [15-18, 23-25] jak i w Polsce, gdzie od roku 2003 emisja większości zanieczyszczeń pozostaje na zbliżonym poziomie [15-18, 23-25].

Źródłem zanieczyszczenia powietrza atmosferycznego na terenie miasta Szczecin jest emisja substancji pochodzących z procesów spalania paliw stałych, ciekłych i gazowych w kotłowniach przemysłowych i usługowych oraz komunikacja drogowa. Istotnym źródłem zanieczyszczeń jest też tzw. niska emisja pochodząca z lokalnych kotłowni węglowych i domowych pieców grzewczych, w których spalanie węgla odbywa się w nieefektywny sposób najczęściej węglem tanim, który posiada niskie parametry grzewcze.

#### 4. WNIOSKI

1. Średnia roczna wartość odczynu pH zebranych wód opadowych w okresie od 2008 do 2011 roku na terenie miasta Szczecin wskazywała na ich kwaśny charakter.
2. pH wszystkich pobranych próbek opadu mokrego była niższa od 5,6, czyli od wartości odpowiadającej naturalnemu odczynowi wód opadowych.
3. Badany opad atmosferyczny charakteryzował się zróżnicowaniem ilości pozostałych badanych wskaźników:  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$ .

#### Polskie Normy

PN/C-04537.02. Oznaczanie rozpuszczonych ortofosforanów kolorymetryczną metodą molibdenianową z chlorkiem cynawym jako reduktorem.

PN/C-04537.09. Woda i ścieki. Badania zawartości związków fosforu. Oznaczenie fosforu ogólnego.

PN/C-04576.01. Badania zawartości związków azotu. Oznaczanie azotu w postaci amoniaku i jonów amonowych.

PN/C-04576.09. Oznaczanie azotu azotanowego metodą kalorymetryczną z p-fluorofenolem.

PN/C-04540.03. Badania wartości pH, kwasowości i zasadowości. Oznaczanie kwasowości i zasadowości mineralnej i ogólnej metodą miareczkowania wobec wskaźników.

PN/C-04632.03. Ogólne zasady pobierania próbek do badań fizycznych, chemicznych i biologicznych. Technika pobierania próbek.

PN/C-04632.04. Ogólne zasady pobierania próbek do badań fizycznych, chemicznych i biologicznych. Utrwalanie i przechowywanie próbek.

PN/C-06504. Przygotowanie roztworów buforowych.

---

## References

- [1] Arnaboldi M., Meyers P. A., *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 190 (2003) 257-271.
- [2] Barik S. K., Purushothaman C. S., Mohanty A. N., *Aquaculture Research* 32 (2001) 819-832.
- [3] Bowden K. F., Oceanic and Estuarine Mixing Processes. W: Riley J. P., Skirrow G. (eds.), *Chemical Oceanography*. London-New York-San Francisco, 1974, 1-41.
- [4] (Red.) B. Walna, L. Kaczmarek, J. Siepak, *Chemizm i oddziaływanie kwaśnych deszczy na środowisko przyrodnicze*. Sesja naukowa 10 czerwca 1996. Wyd. UAM, Poznań-Jeziory 1996.
- [5] Daniszewski P., *International Letters of Chemistry, Physics and Astronomy* 1 (2012) 6-12.
- [6] Daniszewski P., *International Letters of Chemistry, Physics and Astronomy* 1 (2012) 13-16.
- [7] Daniszewski P., *International Letters of Chemistry, Physics and Astronomy* 2 (2012) 42-45.
- [8] Daniszewski P., *International Letters of Chemistry, Physics and Astronomy* 2 (2012) 46-52.
- [9] Daniszewski P., *International Letters of Chemistry, Physics and Astronomy* 2 (2012) 35-41.
- [10] Dojlido J.R., *Chemia wód powierzchniowych*, Wydawnictwo Ekonomia i Środowisko, 1995.
- [11] Encyklopedia Szczecina. T. I A-O. Szczecin: Uniwersytet Szczeciński, 1999.
- [12] Encyklopedia Szczecina. T. II P-Ż. Szczecin: Uniwersytet Szczeciński, 2000.
- [13] Encyklopedia Szczecina. T. Suplement 1 A-Ż. Szczecin: Uniwersytet Szczeciński, 2003.
- [14] Encyklopedia Szczecina. T. Suplement 2 A-Ż. Szczecin: Uniwersytet Szczeciński, 2007.
- [15] Główny Inspektorat Ochrony Środowiska, *Raport o stanie środowiska w Polsce 2008*. Biblioteka Monitoringu Środowiska 2010, 121 ss.
- [16] GUS 2009. Ochrona środowiska. Główny Urząd Statystyczny, Warszawa.
- [17] GUS 2010. Ochrona środowiska. Główny Urząd Statystyczny, Warszawa.
- [18] GUS 2011. Ochrona środowiska. Główny Urząd Statystyczny, Warszawa.
- [19] Hermanowicz W., Dojlido J., Dożańska W., Koziorowski B., Zerbe J., *Fizyczno-chemiczne badanie wody i ścieków*, Arkady, Warszawa 1999.
- [20] Józwiak M., Kozłowski R., *Przeгляд Geologiczny* 53(11) (2005) 1059-1060.
- [21] Krzysztofiak L., Mackiewicz A., Romański M., Krzysztofiak A., Stankiewicz M., *Chemizm opadów atmosferycznych. Raport Wigierskiej Stacji Badawczej ZMŚP 2003*, [www.wigry.win.pl/monit2007/index.htm](http://www.wigry.win.pl/monit2007/index.htm).

- 
- [22] Leśniok M., 1996. Zanieczyszczenie wód opadowych w obrębie Wyżyny Śląsko-Krakowskiej. Wyd. UŚI, Katowice.
- [23] Ochrona Środowiska. 2003-2008. GUS Warszawa.
- [24] Port Szczecin. Informacja ogólne. Urząd Morski w Szczecinie. 2009
- [25] Port w Szczecinie nabrzeża. Zarząd Morskich Portów Szczecin i Świnoujście SA. 2009
- [26] Vollenweider R. A. *Scientific fundamentals of the eutrophication of lakes and flowing waters, with particular reference to nitrogen and phosphorus as factors in eutrophication*. DAS/CSIO/68.27, OECD, Paris 1968, ss. 192.
- [27] Vollenweider R. A., *Scientific fundamentals of the eutrophication of lakes and Following waters, with particular reference to nitrogen and phosphorous as factors in eutrophication*. OECD, Environment Directorate, Paris 1971, pp. 27, 1-61
- [28] Vollenweider R. A., *Global problems of eutrophication and its control*. Symp. Biol. Hung., 1989, pp. 38, 19-41.
- [29] Zestaw Norm - Woda i ścieki. Wyd. Normalizacyjne Alfa – Wero. Warszawa 1999.