

HENRYK KASZA, ANNA MUCHA

Institut Ochrony i Inżynierii Środowiska
Akademia Techniczno-Humanistyczna w Bielsku-Białej

STOPIEŃ ZAKWASZENIA OPADÓW ATMOSFERYCZNYCH W POBLIŻU BIELSKA-BIAŁEJ (W MIEJSCOWOŚCI JASIEŃ)

Streszczenie. Przedstawiono wyniki badań pH opadów atmosferycznych zbieranych w miejscowości Jasienica, leżącej w odległości 10 km na wschód od Bielska-Białej. Badania opadu całkowitego i mokrego prowadzono w cyklu dobowym w okresie od 15 marca 2009 roku do 15 marca 2010 roku. Zebrano po 98 prób opadu całkowitego i mokrego. Zakres wartości pH opadu mokrego mieścił się w granicach od 3,88 do 6,71, a opadu całkowitego od 3,94 do 6,59. Około 77% próbek opadu mokrego miało wartości pH < 5,6, tj. poniżej naturalnego, świadczące o obecności w badanym opadzie substancji zakwaszających. Opady kwaśne (o wartości pH < 4,5) stanowiły 12,2% prób opadu mokrego oraz 9,2% prób opadu całkowitego. Opadom najczęściej towarzyszyły masy powietrza polarnomorskiego. Opady związane z masami powietrza polarnomorskiego w większości przypadków (65 próbek opadu mokrego na łączną ich liczbę 79) odznaczały się pH normalnym (5,1-6,0) i lekko obniżonym (4,6-5,0). Najbardziej zakwaszone opady (wartość pH < 4,5) występowały przy wiatrach północno-wschodnich i zachodnich.

Słowa kluczowe: opad mokry i całkowity, kwaśne deszcze

Wstęp

Stopień zakwaszenia opadów atmosferycznych jest zależny m.in. od ilości i jakości zanieczyszczeń kwasotwórczych zawartych w powietrzu oraz od warunków meteorologicznych. Biorąc pod uwagę pierwszy czynnik, na rodzaj oraz ilość ww. zanieczyszczeń nad danym terenem w znacznym stopniu wpływa wielkość i jakość lokalnej emisji pyłów i gazów oraz ich napływ z sąsiednich obszarów. Uwzględniając warunki meteorologiczne, jakość wód opadowych na danym terenie w dużej mierze zależy od określonej masy powietrza. Przesuwające się lub dłużej zalegające nad danym obszarem masy powietrza wchłaniają obecne w powietrzu zanieczyszczenia, zmieniając swój pierwotny stan. Zanieczyszczenia są następnie oddawane nad tym samym obszarem lub przeno-

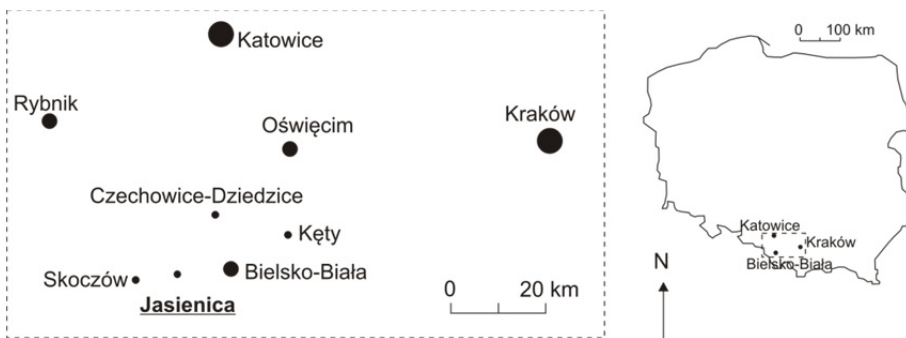
szzone na znaczne odległości. Istotny wpływ na jakość wód opadowych ma również kierunek wiatru (także jego prędkość). Wiatr transportuje i rozmieszcza składniki zanieczyszczające powietrze zgodnie z kierunkiem, w którym wieje. Dzięki udziałowi wiatru zanieczyszczenia wyemitowane w jednym miejscu mogą być przenoszone i deponowane za pomocą opadów na innym terenie (LEŚNIOK 1996, LIWIŃSKA 1996, ŚNIEZEK i DEGÓRSKA 1996, CHEMIZM... 1996).

Za naturalne pH wody opadowej przyjęto wartość 5,6. Wynika ona z obecności w powietrzu atmosferycznym dwutlenku węgla (z wodą tworzy kwas węglowy) w średniej ilości 320 ppm. Przy tej ilości CO₂ stężenie jonów wodorowych w wodzie opadowej odpowiada wartości pH 5,63. Mniejsza od tej wartości pH świadczy o obecności w wodzie substancji kwasotwórczych (RZYCHOŃ 1995).

Celem pracy była ocena stopnia zakwaszenia opadów atmosferycznych w pobliżu Bielska-Białej (w miejscowości Jasienica) oraz określenie wpływu panujących na badanym terenie – podczas opadów atmosferycznych – warunków meteorologicznych na rozkład pH w wodzie opadowej. Niniejsza praca jest częścią badań wieloletnich poświęconych problemowi kwaśnych deszczy w okolicach Bielska-Białej (KASZA i IN. 2004, KASZA i UJA 2005, KASZA i MRÓZEK 2006, KASZA i DUDA 2007, KASZA i MITORAJ 2009).

Material i metody

Badania prowadzono w miejscowości Jasienica, leżącej w południowo-wschodniej części gminy Jasienica w odległości około 10 km na wschód od Bielska-Białej (rys. 1).



Rys. 1. Usytuowanie miejscowości Jasienica na tle miast regionu

Fig. 1. Localization of the locality Jasienica on the background of the cities of the region

Źródłem zanieczyszczenia powietrza atmosferycznego w gminie Jasienica 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. Na stan jakości powietrza w gminie mają także wpływ napływy zanieczyszczeń atmosferycznych z kierunków: północno-wschodniego i wschodniego (z okolic Czechowic-Dziedzic i Bielska-Białej), zachod-

niego (z okolic Skoczowa), północno-zachodniego i północnego: z Rybnickiego Okręgu Węglowego (ROW) i Górnośląskiego Okręgu Przemysłowego (GOP).

Badania prowadzono w okresie od 15 marca 2009 roku do 15 marca 2010 roku. Przy lokalizacji stanowiska, wyborze rodzaju chwytaczy opadów atmosferycznych oraz sposobu poboru prób wody opadowej kierowano się wytycznymi zawartymi w Polskiej Normie PN – 91C – 04642/02.

Próby z kolektorów opadów były zbierane jako opad całkowity i opad mokry. Opis zbierania próbek opadu mokrego i całkowitego zawiera praca KASZY i MRÓZEK (2006). Próby zbierano w cyklu dobowym. Wielkość opadu atmosferycznego była mierzona za pomocą deszczomierza Hellmana typu D – 200 AN.

W zebranych próbkach (obu rodzajów opadu) mierzono wartość pH. W badaniach nie uwzględniano próbek, których opad był mniejszy bądź równy 1 mm. Zebrano po 98 prób opadu całkowitego i mokrego. Zanotowano 119 dni z opadem (w tym 21 dni z opadem ≤ 1 mm). W badanym okresie roczna suma opadów atmosferycznych wyniosła 979,7 mm. Ocenę stopnia kwasowości przeprowadzono, opierając się na skali wartości pH opracowanej przez Instytut Badawczy Ochrony Środowiska w Wiedniu (tab. 1).

Tabela 1. Ocena kwasowości opadów (LEŚNIOK 1996)
Table 1. Valuation of precipitation acidity (LEŚNIOK 1996)

Wartość pH pH value	Ocena pH wody opadowej pH valuation of precipitation
6,1-6,5	Lekko podwyższone – Slightly increased
5,1-6,0	Normalne – Normal
4,6-5,0	Lekko obniżone – Slightly decreased
4,1-4,5	Znacznie obniżone – Significantly decreased
< 4,1	Silnie obniżone – Strongly decreased

Informacje o napływających masach powietrza opracowano na podstawie danych zamieszczonych w Codziennym Biuletynie Meteorologicznym. Procentowy udział poszczególnych kierunków wiatrów towarzyszących opadom atmosferycznym został sporządzony z wykorzystaniem danych zamieszczonych na stronie internetowej <http://stacje.katowice.pios.gov.pl>.

Wyniki

Zakres wartości pH opadu mokrego mieścił się w granicach od 3,88 do 6,71, a opadu całkowitego – od 3,94 do 6,59 (tab. 2). Największe średniomiesięczne wartości pH zarówno dla opadu całkowitego, jak i mokrego odnotowano w próbach kwietniowych (6,09 i 6,23), a najmniejsze w grudniowych (4,23 i 4,13). W miesiącach okresu grzewczego (od października do marca) próbki opadu były bardziej zakwaszone (tab. 3).

Tabela 2. Wartości minimalne i maksymalne pH opadu mokrego i całkowitego
Table 2. The minimum and maximum values pH of wet and total precipitation

	Miesiąc – Month												
	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	I	II	III
Wartość pH opadu mokrego – pH value of wet precipitation													
Minimum Minimum	4,68	6,19	4,72	5,26	4,72	5,3	4,98	4,25	4,29	3,88	4,47	4,73	4,79
Maksimum Maximum	5,68	6,27	6,28	6,71	5,83	5,95	5,52	5,31	5,87	5,02	5,31	5,56	5,24
Wartość pH opadu całkowitego – pH value of total precipitation													
Minimum Minimum	4,7	6,04	4,82	5,31	5,02	5,54	4,93	4,19	4,35	3,94	4,69	4,68	4,73
Maksimum Maximum	5,46	6,14	6,58	6,59	6,13	6,09	5,68	5,34	6,05	4,98	5,24	5,78	5,29

Tabela 3. Średnie miesięczne wartości pH opadu mokrego i całkowitego
Table 3. The average monthly values pH of wet and total precipitation

Opad Precipitation	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	I	II	III
Mokry Wet	5,07	6,23	5,19	5,77	5,14	5,51	5,15	4,69	4,68	4,13	4,78	5,03	5,01
Całkowity Total	5,03	6,09	5,25	5,83	5,38	5,74	5,21	4,77	4,75	4,23	4,91	5,05	4,98

Okolo 77% próbek opadu mokrego miało wartość pH < 5,6, tj. poniżej naturalnego, świadczące o obecności w badanym opadzie substancji zakwaszających. Opady kwaśne (o wartości pH < 4,5) stanowiły 12,2% prób opadu mokrego oraz 9,2% prób opadu całkowitego. Zbliżony procent próbek opadów cechowała wartość pH > 6,1 (tab. 4).

Opadom najczęściej towarzyszyły masy powietrza polarnomorskiego (w czasie ich napływu zebrano okolo 80% wszystkich próbek opadów) i masy powietrza arktycznego (11% próbek). W większości przypadków (65 próbek opadu mokrego na łączną ich liczbę 79) opady związane z masami powietrza polarnomorskiego odznaczały się pH normalnym (5,1-6,0) i lekko obniżonym (4,6-5,0). Opady występujące podczas napływu mas powietrza arktycznego cechowały się kwasowością mieszczącą się w zakresie wartości pH od normalnych do znacznie zmniejszonych (4,1-4,5). W czasie zalegania powietrza zwrotnikowego (8 dni z opadem) zebrane próbki miały wartości pH charakterystyczne dla zakresu normalnego oraz znacznie (> 6,5) i lekko podwyższonego (6,1-6,5) (tab. 5).

Największą frekwencję wiatrów w czasie opadów atmosferycznych (60,2%) odnotowano z kierunku zachodniego (SW + W + NW), z tym że przeważały wiatry południowo-zachodnie. Dość liczne opady stwierdzono przy wiatrach zachodnich (17,3%),

Tabela 4. Rozkład wartości pH opadu całkowitego i mokrego (n – liczba prób)
 Table 4. Distribution of the pH values of wet and total precipitation (n – number of samples)

Wartość pH pH value	Ocena pH wody opadowej pH valuation of precipitation	Opad mokry Wet precipitation		Opad całkowity Total precipitation	
		n	%	n	%
> 6,5	Znacznie podwyższona Significantly increased	3	3,1	2	2
6,1-6,5	Lekko podwyższona Slightly increased	7	7,1	11	11,2
5,1-6,0	Normalna Normal	47 ¹	48	49 ¹	50
4,6-5,0	Lekko obniżona Slightly decreased	29	29,6	27	27,6
4,1-4,5	Znacznie obniżona Significantly decreased	9	9,1	8	8,2
< 4,1	Silnie obniżona Strongly decreased	3	3,1	1	1
Suma – Sum		98 ²	100	98 ³	100

W tym próbek o pH < 5,6: ¹ 34, ² 75 próbek (77%), ³ 70 próbek (71%).

Tabela 5. Liczba prób (n) opadów związana z określoną masą powietrza w poszczególnych zakresach pH dla opadu mokrego

Table 5. Number of samples (n) connected with air type in pH range values for wet precipitation

Rodzaj mas Mass type	Zakres pH – Ph range						Σ (n)	%
	> 6,5	6,1-6,5	5,1-6,0	4,6-5,0	4,1-4,5	< 4,1		
PPm	1	0	21	8	4	1	35	35,7
PPms	0	0	3	13	1	0	17	17,3
PPmc	1	4	13	7	0	0	25	25,6
PPk	0	0	0	0	0	2	2	2,0
PA	0	0	0	0	1	0	1	1,0
PAs	0	0	3	0	2	0	5	5,1
PAm	0	0	3	1	1	0	5	5,1
PZ	1	3	4	0	0	0	8	8,2

PP – powietrze polarne, PA – powietrze arktyczne, PZ – powietrze zwrotnikowe, m – morskie, k – kontynentalne, s – stare, c – ciepłe.

PP – polar air (mass), PA – arctic air (mass), PZ – tropic air (mass), m – maritime air, k – continental air, s – old air, c – warm air.

północnych (16,3%) oraz północno-zachodnich (10,2%) (tab. 6). Najbardziej zakwaszone opady (wartość pH < 4,5) występowały przy wiatrach północno-wschodnich, zachodnich (w tym: północno-zachodnich, południowo-zachodnich) i południowych (tab. 7).

Tabela 6. Udział procentowy poszczególnych kierunków wiatrów towarzyszących opadom atmosferycznym (wg <http://stacje.katowice.pios.gov.pl>)

Table 6. Percentage distribution of wind directions accompanying atmospheric precipitation (according to <http://stacje.katowice.pios.gov.pl>)

Kierunek wiatru Wind direction	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW
%	16,3	9,2	4,1	3,1	7,1	32,7	17,3	10,2

Tabela 7. Liczba prób (n) opadów związanych z określonym kierunkiem wiatru w poszczególnych zakresach pH opadu mokrego

Table 7. Numbers of samples (n) connected with direction of wind in pH range values for wet precipitation

Kierunek wiatru Wind direction	Zakres pH – pH range						Σ (n)	%
	> 6,5	6,1-6,5	5,1-6,0	4,6-5,0	4,1-4,5	< 4,1		
N	1	1	6	7	1	0	16	16,3
NE	1	2	2	1	2	1	9	9,2
E	0	0	2	2	0	0	4	4,1
SE	0	0	1	2	0	0	3	3,1
S	0	0	3	2	2	0	7	7,1
SW	1	3	18	8	2	0	32	32,7
W	0	0	11	4	2	0	17	17,3
NW	0	1	4	3	0	2	10	10,2

Dyskusja

W Polsce od ponad dziesięciu lat jest monitorowany chemizm opadów atmosferycznych. W 2009 roku istniało 25 stacji badawczych zajmujących się chemizmem opadów, w tym dwie w województwie śląskim: w Katowicach i Raciborzu. Na każdej stacji zbierane są m.in. dobowe próbki opadów i dokonywany jest pomiar pH. Wartości pH dobowych prób opadów w 2009 roku zebranych na stacjach w województwie śląskim wynosiły w Katowicach od 3,52 do 7,27 (średnia roczna ważona – 4,69 pH), a w Raci-

borzu – od 4,06 do 7,19 (średnia roczna ważona to pH 5,06). Opady o wartości pH < 5,6 stwierdzono w 56% prób. W wieloleciu 2001–2009 stwierdzono spadek ilości kwaśnych deszczy o 15%, a w porównaniu z 2009 rokiem wzrost o 6% (LIANA i IN. 2010).

W opisanych w niniejszej pracy badaniach wartości pH opadu mokrego oscylowały w węższych granicach niż w opadach zebranych na śląskich stacjach badawczych, bo w zakresie 3,88–6,72, ale odnotowano więcej próbek (77%) wskazujących na obecność w nich mineralnych substancji zakwaszających, tj. o wartość pH < 5,6. Znaczący wpływ na takie wartości pH miało usytuowanie terenu badań w stosunku do źródeł emisji zanieczyszczeń. Pomijając lokalną emisję, stwierdzane zakwaszenie opadów występujących przy udziale wiatrów wiejących ze wschodu i północnego wschodu może świadczyć o napływie kwasotwórczych zanieczyszczeń powietrza z okolic Bielska-Białej i Czechowic-Dziedzic, natomiast od zachodu z okolic Skoczowa, a od północnego zachodu i od północy z ROW i GOW.

Stopień zakwaszenia opadów atmosferycznych był także kształtowany przez przesuwanie się masy powietrza. Opadom atmosferycznym najczęściej towarzyszyły masy powietrza polarnomorskiego – w czasie ich napływu zebrano około 80% ogólnej liczby opadów. Podczas ich przemieszczania się i zalegania stwierdzane wartości pH próbek opadowych najczęściej mieściło się w zakresie 5,1–6,0 i 4,6–5,0 – miało pH normalne i lekko obniżone (tab. 5).

Zgodnie ze skalą „oceny kwasowości opadów” (tab. 1) niemal połowa (48%) wszystkich zebranych próbek opadów mokrych mieściła się w przedziale wartości pH 5,1–6,0, określanym jako pH normalne. Natomiast opadów cechujących się niskimi wartościami pH (w zakresie 4,1–4,5 i < 4,1) stwierdzano stosunkowo mało (odpowiednio 9,1% i 3,1%) (tab. 4). W badaniach przeprowadzonych rok wcześniej w miejscowości Malec (czas badań: od 1 lutego 2007 roku do 31 grudnia 2008 roku), leżącej po przeciwnej stronie Bielska-Białej (gmina Kęty), proporcje te dla opadu mokrego były odmiennie. Próbek opadu zakwalifikowanych do zakresu pH normalnego odnotowano zaledwie 23%, natomiast o pH znacznie obniżonym i silnie obniżonym odpowiednio 44% i 10% (KASZA i MITORAJ 2009). Występowanie podobnych tendencji, tj. przewagi próbek opadu o mniejszych wartościach pH, stwierdzono także w badaniach wcześniejszych, prowadzonych w innych miejscowościach położonych w pobliżu Bielska-Białej (KASZA i IN. 2004, KASZA i UJA 2005, KASZA i DUDA 2007). Na taki rozkład pH mokrych opadów atmosferycznych, stwierdzony w niniejszych i cytowanych wyżej badaniach, oprócz lokalnej emisji, prawdopodobnie miało wpływ położenie punktu badawczego w stosunku do większych skupisk ludzkich i częstość wiejących stamtąd wiatrów.

Wnioski

1. Opad atmosferyczny zarówno mokry, jak i całkowity, zebrany w miejscowości Jasienica w okresie od 15 marca 2009 roku do 15 marca 2010 roku, charakteryzował się mniejszym stopniem zakwaszenia (stwierdzono niewiele próbek opadu atmosferycznego o wartości pH < 4,5) niż opady zbierane w innych miejscowościach położonych w pobliżu Bielska-Białej.

2. Ponieważ niniejsze badania stopnia zakwaszenia opadów atmosferycznych trwały krótko (tylko jeden rok), nie można kategorycznie stwierdzić, że taka prawidłowość, tj. nieco mniejsze zakwaszenie opadów, występuje w Jasionicy regularnie.

Literatura

- CHEMIZM i oddziaływanie kwaśnych deszczy na środowisko przyrodnicze. Sesja naukowa 10 czerwca 1996. 1996. Red. B. Walna, L. Kaczmarek, J. Siepak. Wyd. UAM, Poznań-Jeziory.
- 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. Wyd. AT-H, Bielsko-Biała: 331-340.
- KASZA H., JĘDRYSIK M., KWIECIEŃ A., 2004. Stopień zakwaszenia opadów w okolicach Bielska-Białej. *Zesz. Nauk. AT-H 14, Inż. Włókien. Ochr. Środ.* 5: 52-61.
- KASZA H., MITORAJ G., 2009. Stopień zakwaszenia opadów atmosferycznych w pobliżu Kęt (Polska Południowa). *Ochr. Środ. Zasob. Nat.* 38: 123-130.
- KASZA H., MRÓZEK G., 2006. Stopień zakwaszenia opadów atmosferycznych na podnóżu Beskidu Małego. *Zesz. Nauk. AT-H 24, Inż. Włókien. Ochr. Środ.* 7: 116-125.
- KASZA H., UJA M., 2005. Stopień zakwaszenia opadów atmosferycznych w pobliżu leśnego rezerwatu „Madohora” (Gmina Ślemień). *Zesz. Nauk. AT-H Inż. Włókien. Ochr. Środ.* 19, 6: 90-98.
- LEŚNIOK M., 1996. *Zanieczyszczenie wód opadowych w obrębie Wyżyny Śląsko-Krakowskiej*. Wyd. UŚI, Katowice.
- LIANA E., GENDOLLA T., POBUDEJSKI M., 2010. Zanieczyszczenie opadów atmosferycznych w województwie śląskim i depozycja zanieczyszczeń z opadów do podłoża w 2009 roku. W: *Stan środowiska w województwie śląskim w 2009 roku*. Biblioteka Monitoringu Środowiska, Katowice: 56-63.
- LIWIŃSKA A., 1996. Kwasowość oraz chemizm opadów atmosferycznych na terenach leśnych o zróżnicowanym poziomie zanieczyszczeń powietrza. W: *Chemizm i oddziaływanie kwaśnych deszczy na środowisko przyrodnicze*. Red. B. Walna, L. Kaczmarek, J. Siepak. Wyd. UAM, Poznań-Jeziory: 141-146.
- RZYCHOŃ D., 1995. *Wpływ opadów kwaśnych na zakwaszenie jezior w Tatrach Wysokich*. Wyd. UŚI, Katowice.
- ŚNIEZEK T., DEGÓRSKA A., 1996. Opady atmosferyczne w rejonie północno-wschodniej Polski. Badania prowadzone w Stacji Kompleksowego Monitoringu Środowiska „Puszcza Borecka”. W: *Chemizm i oddziaływanie kwaśnych deszczy na środowisko przyrodnicze*. Sesja naukowa 10 czerwca 1996. Red. B. Walna, L. Kaczmarek, J. Siepak. Wyd. UAM, Poznań-Jeziory: 85-102.

DEGREE OF ACIDIFICATION OF PRECIPITATION NEAR BIELSKO-BIAŁA (IN THE VICINITY OF JASIEENICA)

Summary. The results of studies on acidity of precipitation in the vicinity of Jasionica, placed 10 km eastwards from Bielsko-Biała, are presented. The investigations were conducted for wet and total precipitations during the period from 15.03.2009 to 15.03.2010. 98 samples were analysed for each precipitation type. The range of pH values was within 3.88 to 6.71 for wet precipi-

tation and from 3.94 to 6.59 for total precipitation. About 77% of wet precipitation samples had reaction indicating the presence of acidific substances (pH values lower than 5.6). 12.2% samples of wet precipitation and 9.2% samples of total precipitation showed acid reaction (pH < 4.5). The precipitations were often accompanied by the polar-oceanic air mass. The precipitations related to polar-oceanic air masses in majority (65 samples of wet precipitation on total their number 79) were at normal pH (5.1-6.0) and slightly reduced (4.6-5.0). The most acidified precipitations (pH < 4.5) were connected with winds from north-east and western direction.

Key words: wet and total precipitation, acid rain

Adres do korespondencji – Corresponding address:

Henryk Kasza, Instytut Ochrony i Inżynierii Środowiska, Akademia Techniczno-Humanistyczna w Bielsku-Białej, ul. Willowa 2, 43-309 Bielsko-Biała, Poland, e-mail: hkasza@ath.bielsko.pl

Zaakceptowano do druku – Accepted for print:

6.07.2011

Do cytowania – For citation:

*Kasza H., Mucha A., 2011. Stopień zakwaszenia opadów atmosferycznych w pobliżu Bielska-Białej (w miejscowości Jasienica). *Nauka Przyr. Technol.* 5, 4, #57.*