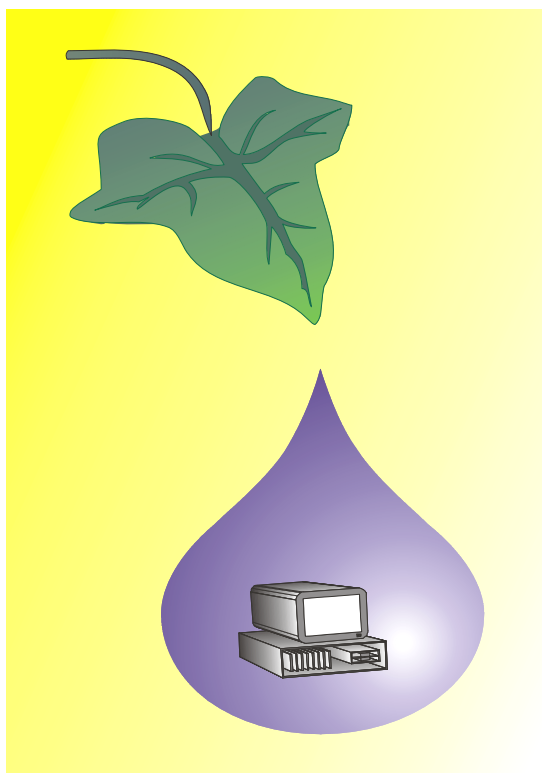




**Raport o stanie geoekosystemów Polski
w roku 2008**

Dr Robert Kruszyk

Instytut Geoekologii i Geoinformacji
Uniwersytet im. A. Mickiewicza
Dzięgielowa 27 Poznań
rlk@amu.edu.pl

WPROWADZENIE

Stan geoekosystemów Polski stanowi coroczne sprawozdanie z realizacji badań prowadzonych w ramach Zintegrowanego Monitoringu Środowiska Przyrodniczego na siedmiu Stacjach Bazowych.

Zgodnie z przyjętymi założeniami przedmiotem badań ZMŚP jest przestrzeń przyrodnicza, która składa się z podsystemów: atmosfera, biosfera, pedosfera, litosfera, hydrosfera i antroposfera. Jednostką przestrzenną, która umożliwia całościowe ujęcie przepływu energii i obiegu materii jest zlewnia rzeczna, względnie jeziorna (Kostrzewski, Mazurek, Stach 1995). Program pomiarowy ZMŚP podporządkowany jest kompleksowemu ujęciu funkcjonowania środowiska przyrodniczego i realizowany jest w trzech aspektach:

- bilansu energii i materii w układzie zlewni rzecznej (jeziornej),
- przepływu materii w profilu: atmosfera – roślinność – gleba,
- monitoringu (bioindykacji) wybranych biologicznych elementów geoekosystemu.

Prezentowane wyniki badań oparte są na rocznych raportach Stacji Bazowych ZMŚP (Bochenek 2008, Jóźwiak (red.) 2009, Kejna (red.) 2009, Kostrzewski (red.) 2009, Krzysztofiak 2009, Śniezek (red.) 2009, Olszewski, Wierzbicki (red.) 2009).

Raport obejmuje: charakterystykę warunków hydrometeorologicznych, obieg materii w ujęciu zlewni rzecznej i w układzie pionowym: atmosfera – roślinność – gleba. W części tej zostaną również przedstawione wyniki badań programów biotycznych opartych na wykorzystaniu bioindykatorów.

W podsumowaniu zawarto najważniejsze informacje o funkcjonowaniu wybranych geoekosystemów Polski w roku 2008, które obejmują kierunki zmian i ich charakter oraz ocenę stanu środowiska przyrodniczego.

Podstawowym obiektem badań w podsystemie ZMŚP jest zlewnia rzeczna (jeziorna), w zasięgu, której zlokalizowane są testowe powierzchnie badawcze, ujmujące możliwie różne typy ekosystemów badanego krajobrazu. Szeroki zakres komplementarnych badań stacjonarnych prowadzony jest wg standaryzowanych metod w obrębie 7 Stacji Bazowych (ryc. 1) w reprezentatywnych zlewniach rzecznych i/lub jeziornych. Funkcjonujący obecnie system pomiarowy Stacji Bazowych tworzy transekt południkowy, który ujmuje równoleżnikowy układ krajobrazów Polski. Wśród zlewni badawczych ZMŚP są zlewnie:

górnej Parsęty (Stacja Bazowa Storkowo), Czarnej Hańczy (Stacja Bazowa Wigry) i jeziora Łękek (Stacja Bazowa Puszcza Borecka), które stanowią nizinne, geosystemy młodoglacjalne w niewielkim stopniu przekształcone antropogenicznie. Zlewnia górnej Parsęty (ryc. 1) położona jest w obrębie Pomorza Środkowego, w mezoregionie Pojezierza Drawskiego. Można ją uznać za reprezentatywną dla obszarów młodoglacjalnych umiarkowanej strefy klimatycznej, która pozostaje jeszcze obszarem stosunkowo mało szkodliwych zmian środowiska przyrodniczego.



Ryc. 1. Lokalizacja Stacji Bazowych
Zintegrowanego Monitoringu Środowiska Przyrodniczego (oprac. Maciej Romański).

1 - Storkowo (Uniwersytet im. A. Mickiewicza, Poznań), 2 - Puszcza Borecka (Instytut Ochrony Środowiska, Warszawa), 3 - Wigry (Wigierski Park Narodowy, Krzywe), 4 - Koniczynka (Uniwersytet M. Kopernika, Toruń), 5 - Pożary (Kampinoski Park Narodowy, Kampinos), 6 - Święty Krzyż (Uniwersytet Humanistyczno-Przyrodniczy, Kielce), 7 - Szymbark (Instytut Geografii i Przestrzennego Zagospodarowania PAN, Kraków)

Zlewnia badawcza Stacji Bazowej Wigry zajmuje obszar należący do przyrzecza Czarnej Hańczy, w krajobrazie o wykształceniu, którego decydują utwory i formy lodowcowe oraz wodnolodowcowe z okresu recesji lądolodu fazy pomorskiej. Obszar ten ma najsurowsze warunki klimatyczne w całej nizinnej części kraju. Szczególną uwagę w północnym pasie pojezierzy zwraca Stacja Bazowa Puszcza Borecka, gdzie przy braku większych lokalnych źródeł zanieczyszczeń, badania jakości powietrza i wód docierających

do podłoża zlewni dostarczają informacji na temat dostawy i depozycji składników będących efektem transportu transgranicznego oraz ich wpływu na funkcjonowanie ekosystemów leśnych i jeziornych (Żarska i in. 1998).

Zlewnia Strugi Toruńskiej w Stacji Bazowej Koniczynka reprezentuje młodoglacjalny geoekosystem przeobrażony rolniczo, ciągle narażony na obszarowe zanieczyszczenia rolnicze, zanieczyszczenia powietrza z pobliskich szlaków komunikacyjnych oraz emitowane przez zakłady produkcyjne Torunia i Bydgoszczy. W krajobrazie zlewni dominują kompleksy pól uprawnych, na których prowadzona jest wielkołanowa i wysokotowarowa produkcja rolnicza. Cały obszar jest prawie bezleśny i silnie zmeliorowany (Wójcik i in. 1998).

W Stacji Bazowej Pożary, badana zlewnia Kanału Olszowieckiego położona jest w pasie rzeźby staroglacjalnej Puszczy Kampinoskiej, zajęta przez ekosystem bagienno-łąkowy w różnych fazach naturalnej sukcesji. Obszar ten znajduje się pod wpływem zanieczyszczeń atmosferycznych z Warszawy oraz zanieczyszczeń pochodzenia rolniczego z Równiny Błońskiej (Wierzbicki, 1998).

Stacja Bazowa Św. Krzyż obejmuje badaniami zlewnię leśno-rolniczą I rzędu w masywie Łysogór. Zlewnia pozostaje w strefie oddziaływania lokalnych, jak i ponadregionalnych, emisji przemysłowych, co spowodowało już niekorzystne zmiany w ekosystemach leśnych, m.in. w drzewostanach jodłowych (Kowalkowski, Jóźwiak 2000a).

Stacja Bazowa Szymbark zlokalizowana w zlewni Bystrzanki, reprezentuje geoekosystem Karpat Fliszowych, który narażony jest na zanieczyszczenia transgraniczne ze Słowacji, a w mniejszym stopniu obecnie z Gorlic (Gil i Bochenek, 1998). Monitoring w Stacji uwzględnia specyfikę wynikającą z piętrowości występowania i natężenia procesów oraz zjawisk przyrodniczych w górach, a są to m.in. ruchy osuwiskowe i obieg wody generujący denudację chemiczną i erozję gleb. Ruchy masowe mają istotne znaczenie w kształtowaniu środowiska przyrodniczego Karpat, a zarazem stanowią duże zagrożenie dla działalności gospodarczej.

WARUNKI HYDROMETEOROLOGICZNE

Warunki pogodowe

Rozpoznanie warunków hydrometeorologicznych stanowi podstawę dla oceny funkcjonowania geoeosystemów w roku hydrologicznym, stąd jednym z podstawowych zadań realizowanych w ramach ZMŚP jest monitoring zjawisk pogodowych i hydrologicznych.

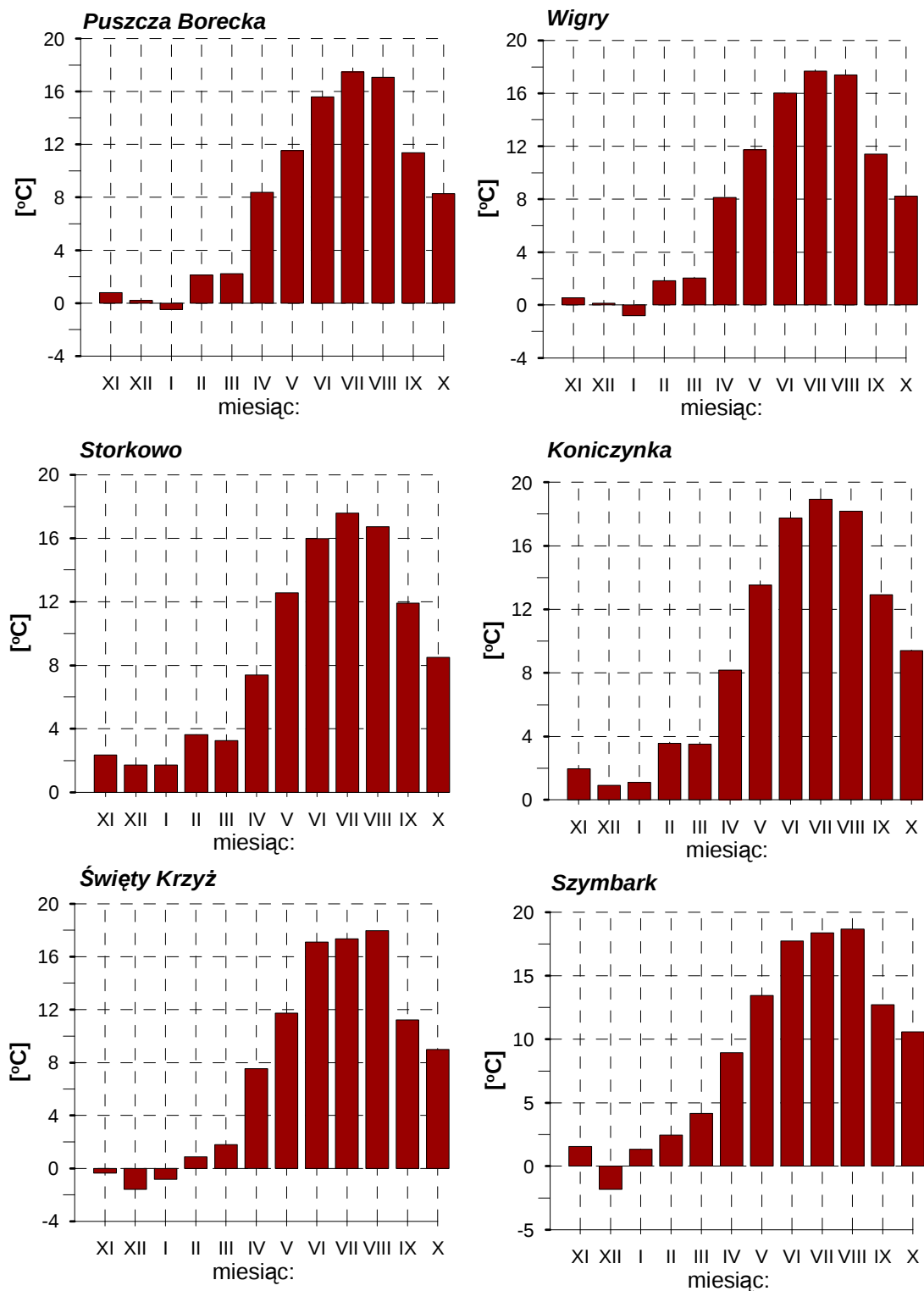
W roku hydrologicznym 2008 na wszystkich Stacjach Bazowych prowadzono obserwacje meteorologiczne w oparciu o automatyczne stacje firmy Vaisala, uzupełnione o manualne obserwacje zgodne z standardami IMGW.

Zgodnie z przyjętą klasyfikacją termiczną opadową rok hydrologiczny 2008 na poszczególnych stacjach zaklasyfikowano jako:

- **Wigry** - anomalnie ciepły (średnia roczna temp. powietrza 7,8°C) i normalny pod względem opadów (suma roczna opadów 621,6mm),
- **Puszcza Borecka** - ciepły (średnia roczna temp. powietrza 7,9°C) i wilgotny (suma roczna opadów 749,3mm),
- **Storkowo** - lekko ciepły i ciepły (średnia roczna temp. powietrza 8,5°C) i normalny pod względem opadów (suma roczna opadów 744,0mm)
- **Koniczynka** – ciepły (średnia roczna temp. powietrza 9,2°C) i wilgotnym (suma roczna opadów 541,4mm)
- **Święty Krzyż** – lekko ciepły (średnia roczna temp. powietrza 7,7°C), normalny pod względem opadów (suma roczna opadów 718,2mm),
- **Szymbark** – lekko ciepły (średnia roczna temp. powietrza 9,8°C) i normalny (suma roczna opadów 898,1mm).

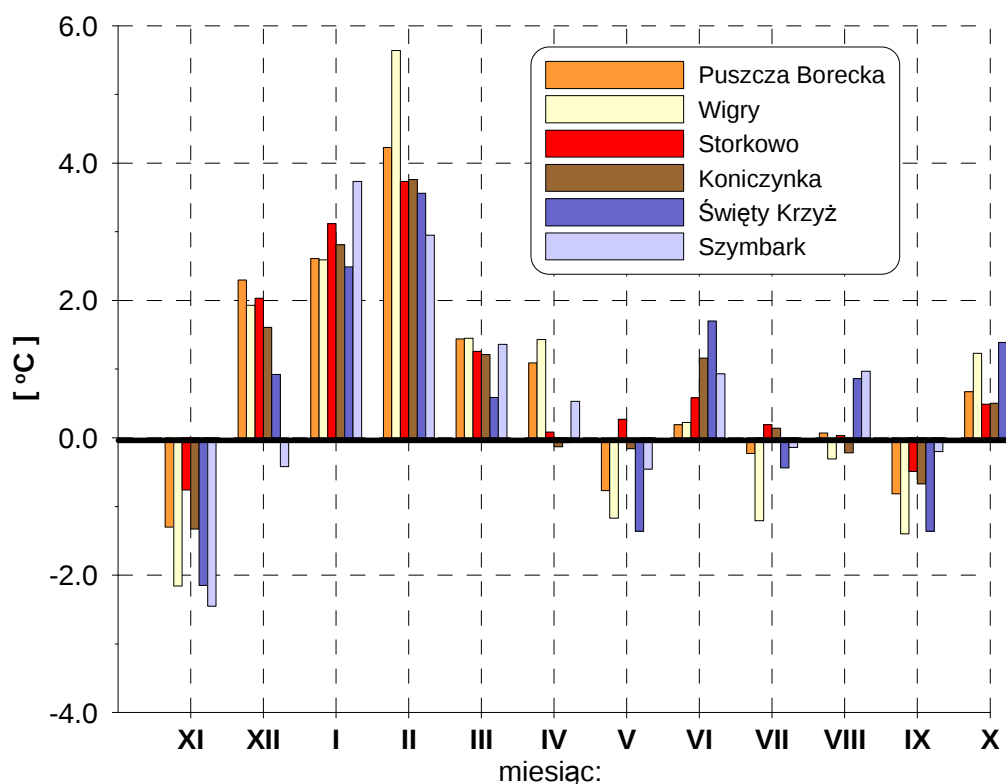
Tabela 1. Roczna temperatura maksymalna i minimalna powietrza w roku hydrologicznym 2008.

Stacja Bazowa	temperatura maksymalna	temperatura minimalna
Puszcza Borecka	27.6	-14,8
Wigry	28.7	-14,7
Storkowo	32.1	-12,4
Koniczynka	31.4	-11,5
Święty Krzyż	27.5	-13,6
Szymbark	31.7	-16,8



Ryc. 1 Rozkład średnich miesięcznych temperatur powietrza w roku 2008.

W skali całego roku hydrologicznego najcieplejszymi miesiącami były lipiec i sierpień. Największe maksimum w roku odnotowano w zlewni górnej Parsęty (32,1°C). Najniższe temperatury występowały w grudniu oraz styczniu. Minimalną temperaturę dobową zanotowano na terenie zlewni Bystrzanki – 16,8°C (tab. 1).

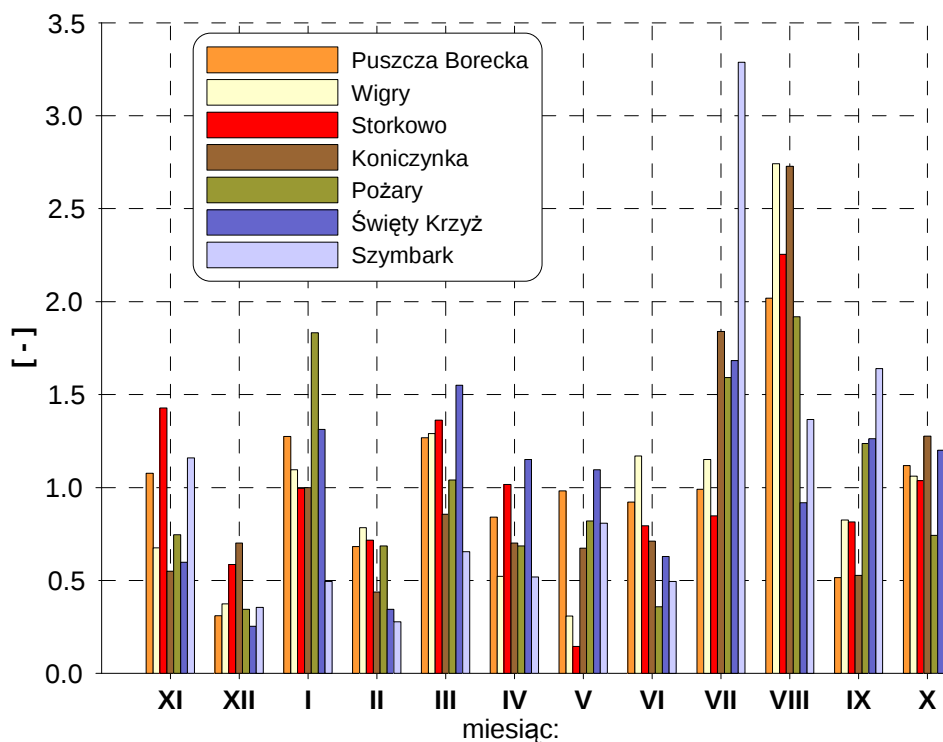


Ryc. 2. Rozkład różnic pomiędzy średnią miesięczną temperaturą powietrza w roku 2008 i wartością z wielolecia.

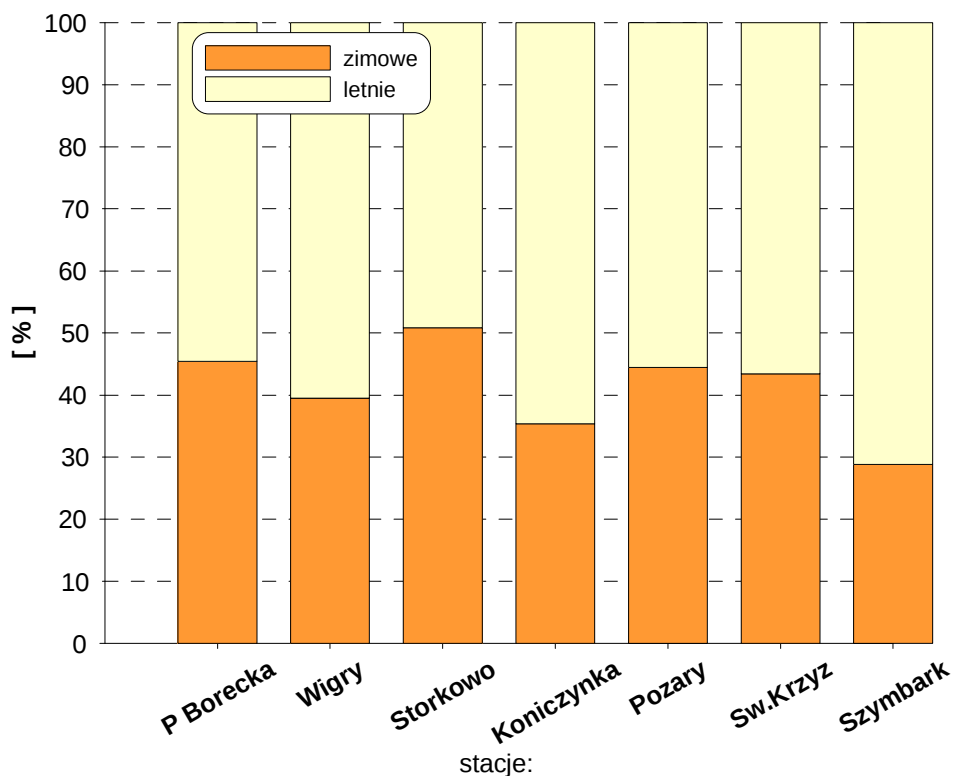
Analizując rozkład średnich miesięcznych temperatur powietrza w roku hydrologicznym 2008 na tle wartości z wielolecia największe różnice w plusie na wszystkich Stacjach Bazowych odnotowano w styczniu oraz lutym. W tym okresie średnie miesięczne były wyższe od wartości z wielolecia nawet o ponad 5°C (Wigry) (ryc. 2). Należy również zaznaczyć, że analizowany rok hydrologiczny na stacji Wigry został zaliczony do roku anomalnie ciepłego. Miesiącem, w którym temperatura średnia miesięczna była zdecydowanie niższa niż wartości z wielolecia okazał się listopad. Również niższe temperatury obserwowano w maju oraz we wrześniu. Różnice te jednak nie przekraczały 2°C.

W przypadku sum opadów atmosferycznych rozpatrywany rok hydrologiczny należał do okresu normalnego (Wigry, Storkowo, Święty Krzyż, Szymbark) oraz wilgotnego (Puszcza Borecka, Koniczynka). Analizując rozkład współczynnika pluwiometrycznego, który oddaje skalę zróżnicowania sum opadów w ciągu roku, największe dysproporcje zaznaczyły się w okresie miesięcy letnich (lipiec, sierpień) oraz w mniejszym stopniu w styczniu i marcu. Wówczas sumy miesięczne były zdecydowanie wyższe niż 1/12 sumy rocznej (ryc. 3). Zjawisko to widoczne jest w przypadku wszystkich Stacji Bazowych.

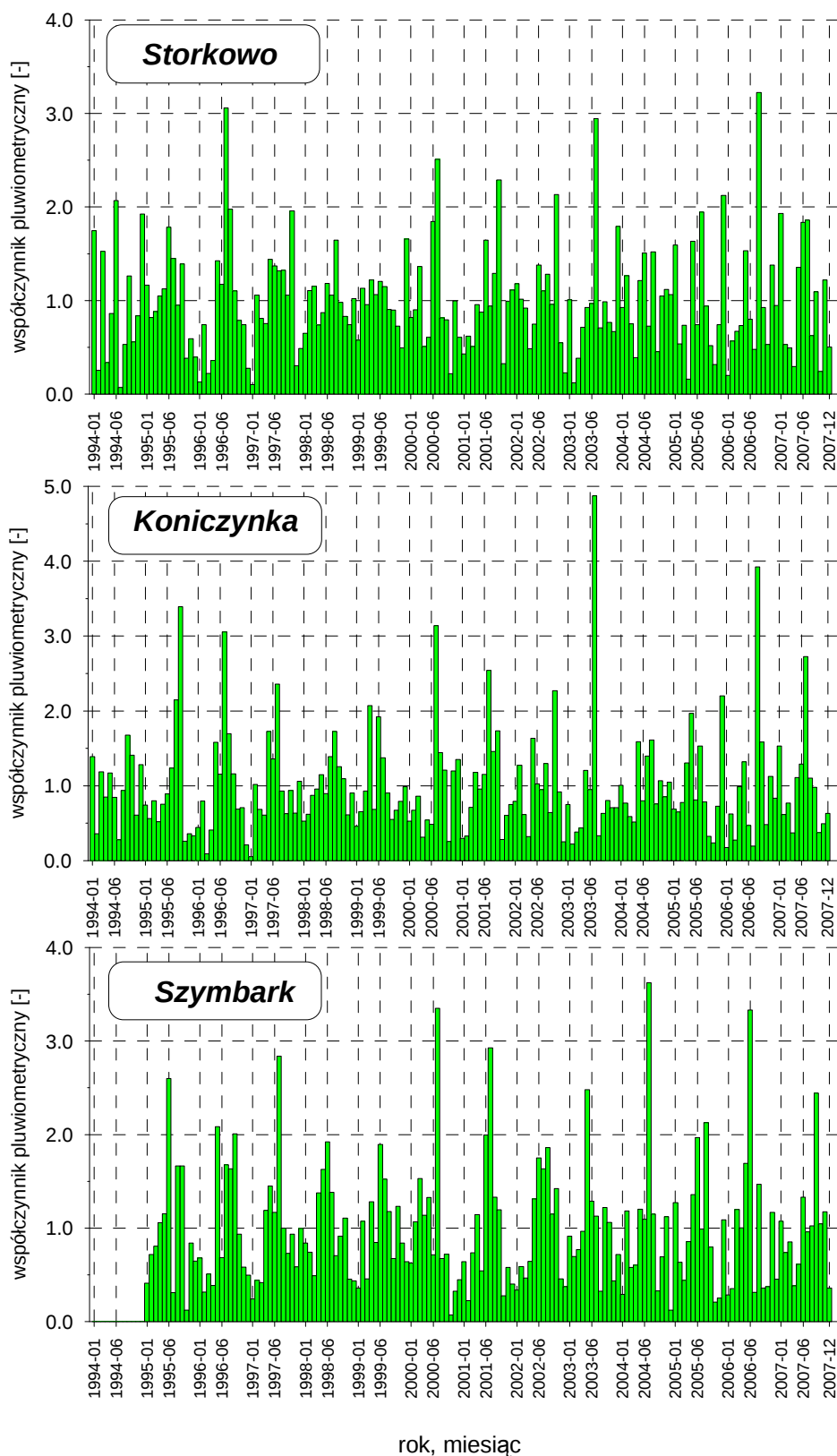
Analiza wartości współczynnika pluwiometrycznego dla okresu lat kalendarzowych 1994 – 2007 (ryc. 5) potwierdza, że następuje wzrost zróżnicowania sum miesięcznych opadów atmosferycznych w skali roku, szczególnie widoczny w okresie półrocza ciepłego. Wskazuje to na wzrost cech kontynentalnych klimatu Polski.



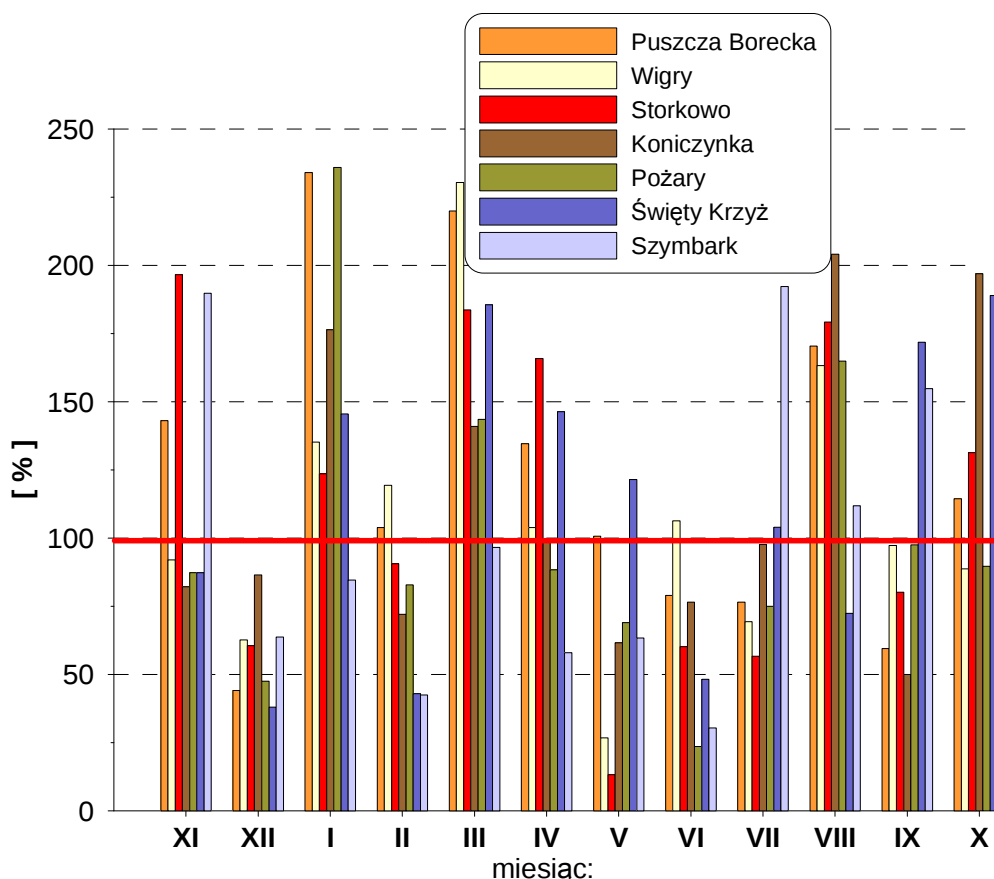
Ryc. 3. Rozkład współczynnika pluwiometrycznego w roku hydrologicznym 2008.



Ryc. 4. Rozkład opadów atmosferycznych w półroczu zimowym i letnim w roku hydrologicznym 2008.



Ryc. 5. Rozkład współczynnika pluwiometrycznego dla wybranych stacji bazowych w okresie: 1994 – 2007, lata kalendarzowe.



Ryc. 6. Rozkład sum miesięcznych opadów atmosferycznych jako procent sumy z wielolecia w roku hydrologicznym 2008.

Tabela 2. Warunki opadowe w roku hydrologicznym 2008.

parametr	Puszcza Borecka	Wigry	Storkowo	Koniczynka	Pożary	Święty Krzyż	Szymbark
suma roczna	749,3	621,6	744,0	541,4	463,9	718,2	898,1
liczba dni z opadem	203	179	182	193	198	164	187
max opad dobowy (miesiąc)	26,8 (VIII)	37,4 (VIII)	62,8(VIII)	46,0 (VII)	49,5 (VIII)	41,6 (III)	47,8 (VII)

W skali roku hydrologicznego zaznacza się przewaga opadów półrocza letniego (V-X) (ryc. 4). Prawidłowość ta zaznacza się w przypadku wszystkich stacji poza Storkowem, gdzie suma opadów półrocza zimowego i letniego jest prawie identyczna. Największe opady dobowe obserwowano w miesiącach letnich (VII – VIII). Wyjątek stanowi stacja Święty Krzyż, gdzie największy opad dobowy odnotowano w marcu. Liczba dni z opadem w skali roku hydrologicznego kształtowała się od 164 (stacja Święty Krzyż) do 203 (stacja Puszcza Borecka) (tabela 2).

Porównując miesięczne sumy opadów atmosferycznych na tle wartości z wielolecia zaznacza się dysproporcja pomiędzy poszczególnymi miesiącami. Miesięczne sumy opadów

stycznia, marca, sierpnia oraz października były znacząco większe od wartości z wielolecia, w niektórych przypadkach wartości te są dwukrotnie większe. W przypadku grudnia, maja i czerwca sumy miesięczne znacząco odbiegają in minus od danych z wielolecia. Szczególnie deficytowy w opady atmosferyczne w przypadku wszystkich stacji okazał się maj, w którym suma miesięczna dla Storkowa stanowiła zaledwie 13%, natomiast dla Wigier 27% sumy z wielolecia.

Warunki anemometryczne w roku 2008 w regionie stacji Puszcza Borecka w aspekcie prędkości wiatru nie odbiegały znacząco wartości z wielolecia, średnia roczna prędkość wyniosła 2,6m/s. Analiza kierunków wiatrów potwierdza dominację sektora południowo-wschodniego (18%) i zachodniego (17%). Najmniejszą frekwencją odznaczał się kierunek północno-wschodni i północny, odpowiednio 7 i 8%. Średnia roczna prędkość wiatru na obszarze zlewni Czarnej Hańczy (stacja Wigry) kształtowała się na poziomie 1,9m/s. Dominował kierunek południowo-zachodni, przy znaczącym udziale wiatrów z kierunku północnego (8%). Najniższą frekwencją charakteryzował się sektor wschodni.

Na terenie zlewni górnej Parsęty (stacja Storkowo) zarówno średnie i maksymalne prędkości wiatru oraz kierunki nie odbiegały znacząco od wartości z wielolecia (2001-2007). Średnia roczna prędkość wiatru wyniosła 1,5m/s, przy wartości maksymalnej wynoszącej 13,8m/s. W strukturze kierunków dominował sektor WSW (ponad 15%) oraz E (11,4%).

Na terenie zlewni Struga Toruńska (stacja Koniczynka) średnia roczna prędkość wiatru wyniosła 3,5m/s. Przeważały wiatry z sektora zachodniego i południowo-zachodniego, które łącznie stanowiły 40,1% wszystkich obserwacji. Natomiast najrzadziej obserwowano kierunek północno-wschodni, południowo-wschodni i wschodni.

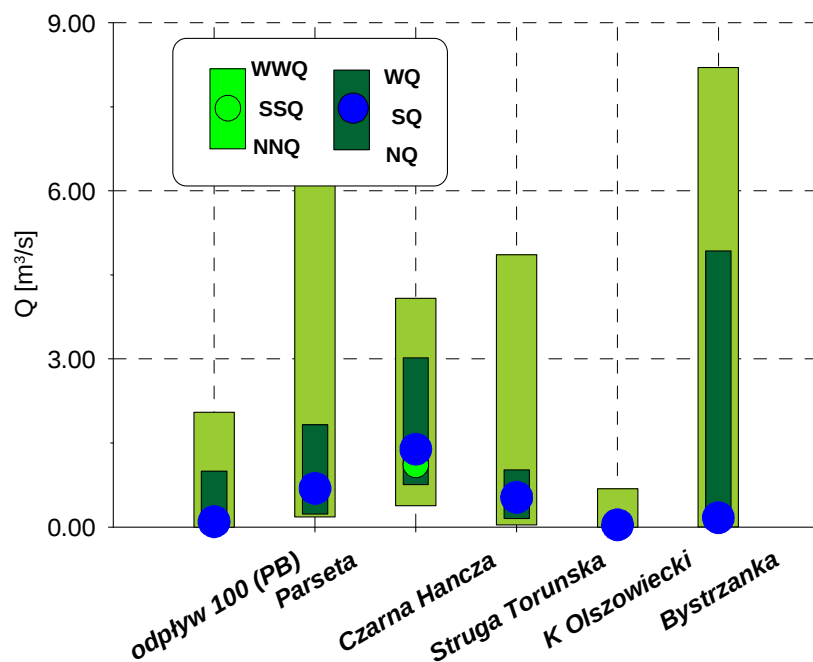
Na posterunku meteorologicznym na Świętym Krzyżu odnotowano dominację kierunków zachodnich (9,8%). Ponadto znaczącym udziałem charakteryzował się sektor północny (8,8%). Najmniejszą częstotliwość występowania zanotowano dla kierunku ESE (3,0%).

Średnia roczna prędkość wiatru na Świętym Krzyżu wyniosła 3,6m/s.

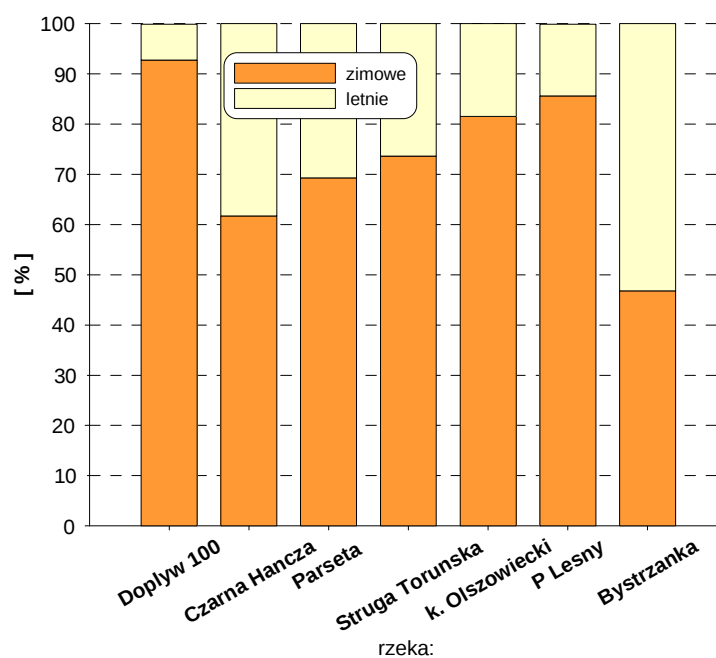
W zlewni Bystrzanki (stacja Szymbark) największą frekwencją odznaczał się kierunek północno-zachodni (11,4% obserwacji). Średnia roczna prędkość wiatru wyniosła 1,6m/s i była to wartość znacznie niższa od wartości wieloletniej.

Warunki hydrologiczne

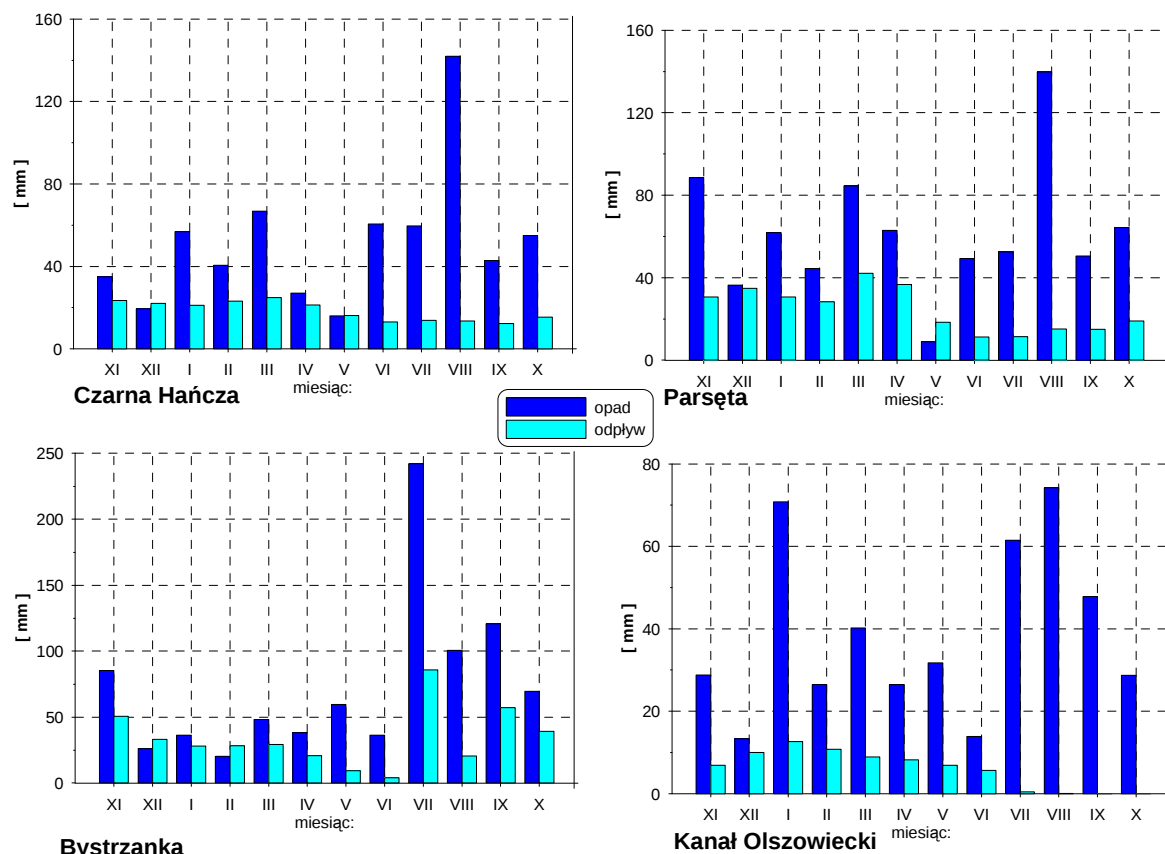
Analiza wartości przepływów I i II stopnia wskazuje, że rok hydrologiczny 2008 nie odbiegał znacząco od lat ubiegłych pod względem średniej rocznej wartości przepływu – SQ (ryc. 7). Zestawienie wartości odpływu w półroczu zimowym i letnim potwierdza dominację pierwszego z wymienionych okresów w skali całego roku hydrologicznego.



Ryc. 7. Wartości przepływów głównych I i II stopnia.



Ryc. 8 Udział odpływu w półroczu zimowym i letnim w roku hydrologicznym 2008.



Ryc. 9. Rozkład sum miesięcznych opadów atmosferycznych i odpływu dla wybranych rzek w roku hydrologicznym 2008.

Tabela 3. Miesięczne sumy opadów atmosferycznych, warstwy odpływu i wartości współczynnika odpływu.

miesiąc	P Borecka (Odpływ 100)			Wigry (Czarna Hańcza)			Storkowo (Parsęta)		
	opad	odpływ	współczynnik odpływu	opad	odpływ	współczynnik odpływu	opad	odpływ	współczynnik odpływu
	mm	mm	-	mm	mm	-	mm	mm	-
XI	67.2	18.6	0.28	35	23.5	0.67	88.5	30.7	0.35
XII	19.4	19.8	1.02	19.4	22.1	1.14	36.3	34.9	0.96
I	79.6	1.1	0.01	56.8	21.1	0.37	61.8	30.7	0.50
II	42.6	13.7	0.32	40.6	23.1	0.57	44.4	28.3	0.64
III	79.2	53.6	0.68	66.8	24.8	0.37	84.5	42.1	0.50
IV	52.5	28.1	0.54	27	21.2	0.79	63	36.7	0.58
V	61.4	7.5	0.12	16	16.2	1.01	9	18.4	2.04
VI	57.6	0.7	0.01	60.6	13.1	0.22	49.3	11.2	0.23
VII	61.9	0.3	0.00	59.6	13.8	0.23	52.6	11.3	0.22
VIII	126.1	1.0	0.01	142	13.5	0.10	139.8	15.1	0.11
IX	32.1	0.0	0.00	42.8	12.2	0.29	50.5	14.9	0.30
X	69.8	1.0	0.01	55	15.4	0.28	64.3	19.0	0.30
rok	749.4	145.4	0.19	621.6	220	0.35	744	293.3	0.39

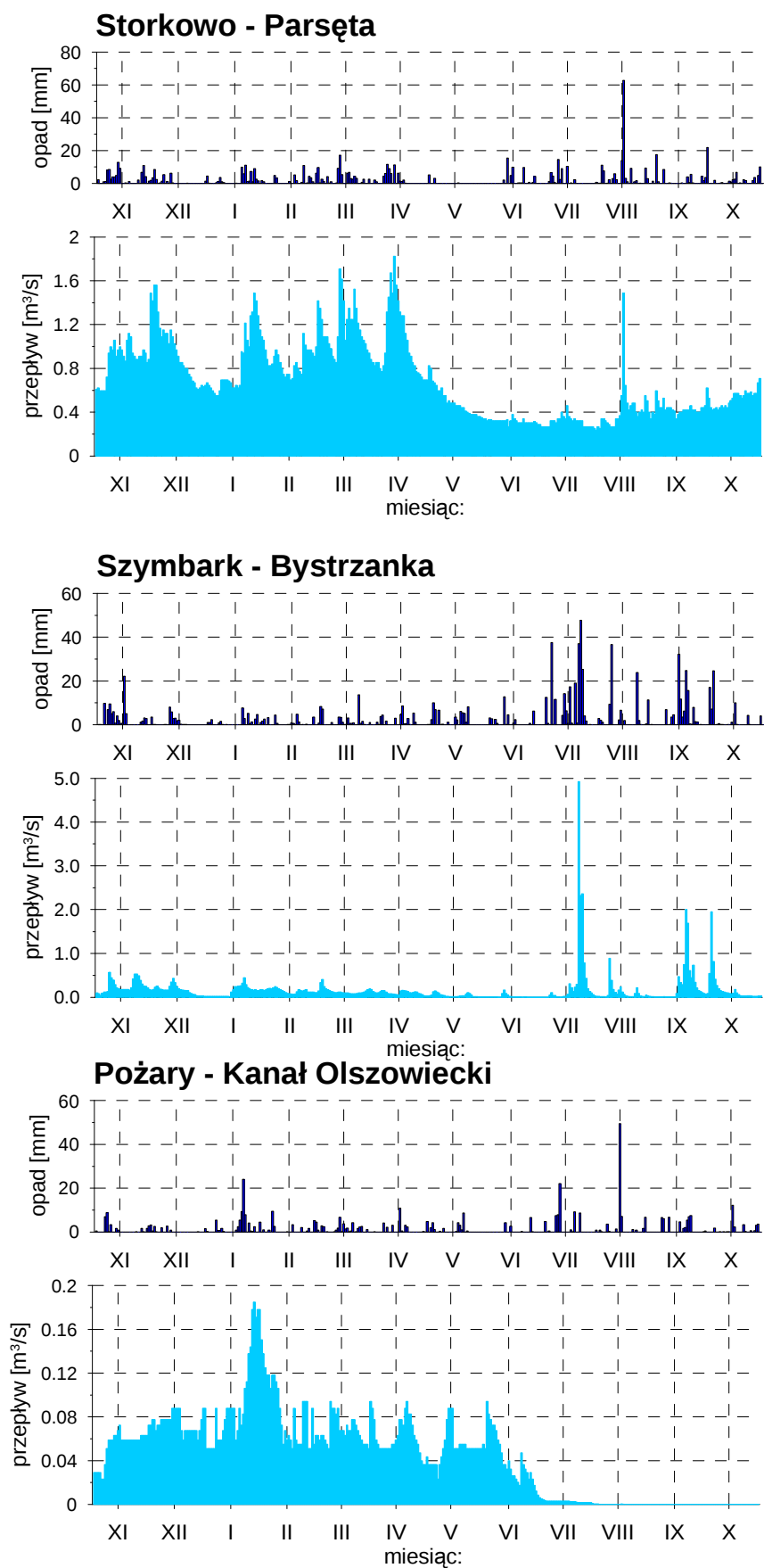
Tabela 3 cd.

miesiąc	Konieczynka (Struga Toruńska)			Pożary (Kanał Olszowiecki)			Szymbark (Bystrzanka)		
	opad	odpływ	współczynnik odpływu	opad	odpływ	współczynnik odpływu	opad	odpływ	współczynnik odpływu
	mm	mm	-	mm	mm	-	mm	mm	-
XI	27.1	4.3	0.16	28.8	6.8	0.24	85.4	50.7	0.59
XII	34.6	5.5	0.16	13.3	9.9	0.74	26.1	33.3	1.28
I	49.4	6.2	0.12	70.8	12.6	0.18	36.4	28.0	0.77
II	21.6	7.8	0.36	26.5	10.7	0.40	20.4	28.3	1.39
III	42.3	8.3	0.20	40.2	8.9	0.22	48.3	29.3	0.61
IV	34.6	7.2	0.21	26.5	8.2	0.31	38.2	20.7	0.54
V	33.3	4.7	0.14	31.7	6.8	0.21	59.6	9.4	0.16
VI	35.2	1.7	0.05	13.9	5.6	0.40	36.4	4.0	0.11
VII	90.8	1.6	0.02	61.5	0.4	0.01	242.2	85.9	0.35
VIII	134.7	2.0	0.01	74.2	0.0	0.00	100.6	20.5	0.20
IX	26	2.0	0.08	47.8	0	0.00	120.8	57.2	0.47
X	63	2.1	0.03	28.7	0	0.00	69.7	39.3	0.56
rok	592.6	53.4	0.09	463.9	69.92	0.15	884.1	406.6	0.46

W zlewni jeziora Łękuk pomimo wysokich sum opadów atmosferycznych nie odnotowano wysokich przepływów w korycie odpływu nr 100z jeziora Łękuk. W skali całego roku 93% stanowił odpływ w półroczu zimowym. Wartości odpływu były najbardziej znaczące w okresie od marca do kwietnia (tab. 3). Największe przepływy miały miejsce w okresie roztopowym.

W zlewni Czarnej Hańczy (punkt wodowskazowy Sobolewo) 63% stanowił odpływ zimowy. Najwyższe wartości przepływu odnotowano w styczniu i jego wartość była wyższa od WSQ dla lata 2001-2008 (Krzysztofiak 2009). Wysokie wartości przepływu w korycie Czarnej Hańczy w tym okresie związane były z roztopami i wysokimi sumami opadów atmosferycznych. W roku 2008 wezbrania na Czarnej Hańczy notowano w okresie od listopada do marca, natomiast niżówki wystąpiły w półroczu letnim z kulminacją przypadającą na sierpień. Odpływ jednostkowy dla całego roku wyniósł 6,9l/s/km kw. Była to wartość niższa od uzyskanej w roku poprzedzającym.

Górna Parsęta wraz z jej lewobrzeżnym dopływem Młyńskim Potokiem odznacza się wyrównanym reżimem hydrologicznym, który przejawia się zasilaniem gruntowo-deszczowo-śnieżnym i wiosennym okresem wezbraniowym (Dynowska 1971). Typowe dla górnej Parsęty są: obserwowane zazwyczaj wyższe przepływy w półroczu zimowym niż w półroczu letnim, wysoka retencja i dominacja zasilania gruntowego (Kostrzewski, Mazurek, Zwoliński 1994) (ryc. 10). Zarówno w górnej Parsęcie jak i w Młyńskim Potoku zaobserwowano w 2008 roku dominację zasilania gruntowego, które występowało głównie w ciepłym półroczu. W okresie zimowo-wczesnowiosennym nastąpiła wzmożona dostawa wód roztopowych i opadowych do koryt rzecznych, co miało swoje odzwierciedlenie w występowaniu wezbrań, zwłaszcza w marcu i kwietniu.



Ryc. 10. Dobowy rozkład przepływu na tle opadów atmosferycznych dla wybranych rzek w roku hydrologicznym 2008.

Wysokie wartości przepływu odnotowano również w sierpniu, przyczyną wystąpienia wezbrań w tym okresie były wysokie dobowe sumy opadów atmosferycznych. W roku hydrologicznym 2008 wartości roczne warstwy odpływu Parsęty była znacznie niższe niż suma opadów. Odpływ rzeczny dla górnej Parsęty – przy rocznej sumie opadów wielkości 744 mm - wynosił w 2008 roku 293,3 mm dla średniej rocznej z lat 2000-2005 wynoszącej 228,1 mm, co świadczy o ponad przeciętnych warunkach hydrologicznych analizowanego roku hydrologicznego.

W roku hydrologicznym 2008 średni roczny przepływ dla Strugi Toruńskiej (punkt wodowskazowy Koniczynka) wyniósł $0,52\text{m}^3/\text{s}$. W okresie półrocza zimowego wartość ta była równa $0,77\text{m}^3/\text{s}$, natomiast w okresie letnim wyniosła $0,27\text{m}^3/\text{s}$. Najwyższy odnotowany przepływ w analizowanym roku wyniósł $1,02\text{m}^3/\text{s}$, natomiast najniższy $0,47\text{m}^3/\text{s}$. Średni roczny odpływ jednostkowy dla Strugi Toruńskiej kształtował się na poziomie $1,7\text{l/s/km kw.}$

Kanał Olszowiecki jest głównym ciekim odwadniającym południowo-zachodni fragment Puszczy Kampinoskiej. W analizowanym roku hydrologicznym współczynnik odpływu wyniósł 0,15 i była to wartość wyższa w porównaniu do roku 2007. Średni roczny odpływ jednostkowy kształtował się na poziomie $2,23\text{l/s/km kw.}$, przy wartościach skrajnych wynoszących 0,0 i $9,2\text{l/s/km kw.}$ Najwyższe wartości odpływu jednostkowego obserwowano w półroczu chłodnym.

W zlewni reprezentatywnej na Świętym Krzyżu uzyskane wyniki wskazują dominację odpływu w półroczu zimowym. Najwyższe jednostkowe odpływy notowano od stycznia do kwietnia z maksimum wynoszącym $42,81\text{l/s/km kw.}$

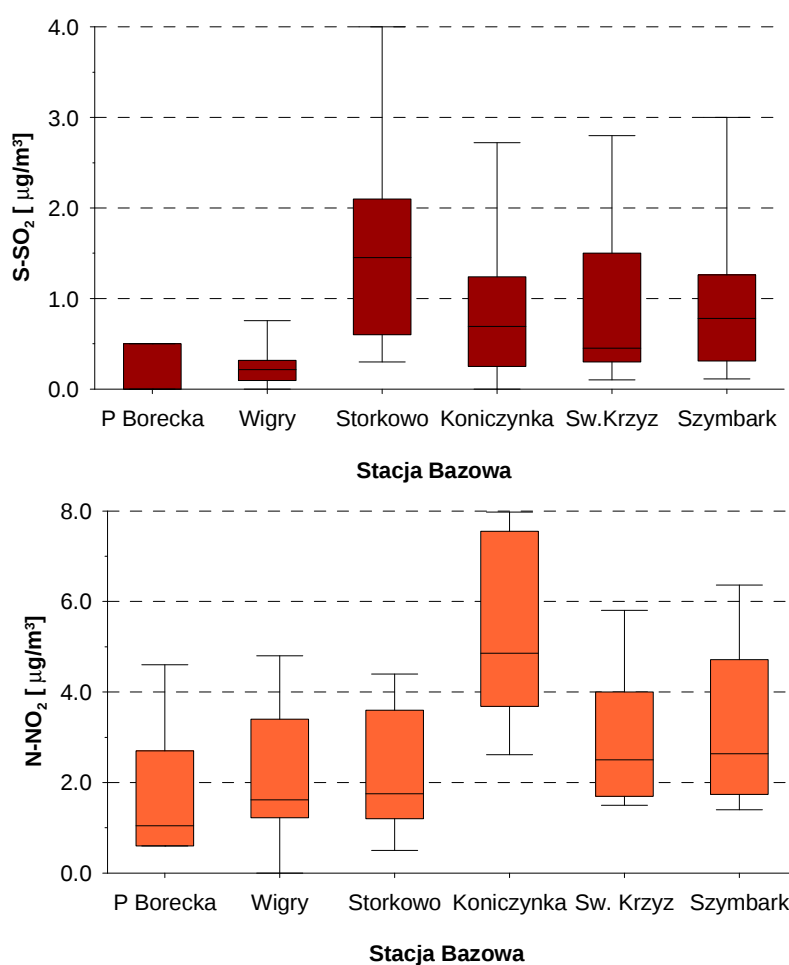
Roczny wskaźnik odpływu dla zlewni Bystrzanki w roku 2008 wyniósł 406,5mm, co stanowiło 44% rocznej sumy opadów atmosferycznych. Warstwa wody, która odpłynęła ze zlewni była porównywalna do średniej z wielolecia 1994-2007 wynoszącej 410,1mm (Bochenek 2009).

W skali całego roku największa dobową wartość przepływu wystąpiła w lipcu i wyniosła $4,93\text{m}^3/\text{s}$. Średni roczny odpływ jednostkowy ze zlewni Bystrzanki wyniósł $12,9\text{l/s/km kw.}$

DEPOZYCJA ATMOSFERYCZNA

Powietrze jest jednym z elementów środowiska przyrodniczego, który podlega silnej antropopresji. Zawarte w nim substancje i związki wskutek depozycji mokrej i suchej są wchłaniane i akumulowane przez pozostałe elementy środowiska.

Monitoring chemizmu powietrza atmosferycznego, prowadzony w oparciu o wykorzystanie metody pasywnej prowadzony był na sześciu stacjach: Puszczy Boreckiej, Wigrach, Storkowie, Koniczynce, Świętym Krzyżu oraz Szymbarku. Poza metodą pasywną dla oceny stopnia zanieczyszczenia powietrza wykorzystywano również metody manualne (filtry z wymuszonym przepływem powietrza) oraz automatyczne. W niniejszym opracowaniu zostaną przedstawione wyniki badań z wykorzystaniem metody pasywnej.



Ryc. 1. Rozkład stężeń $S-SO_2$ i $N-NO_2$ w powietrzu atmosferycznym w roku hydrologicznym 2008.

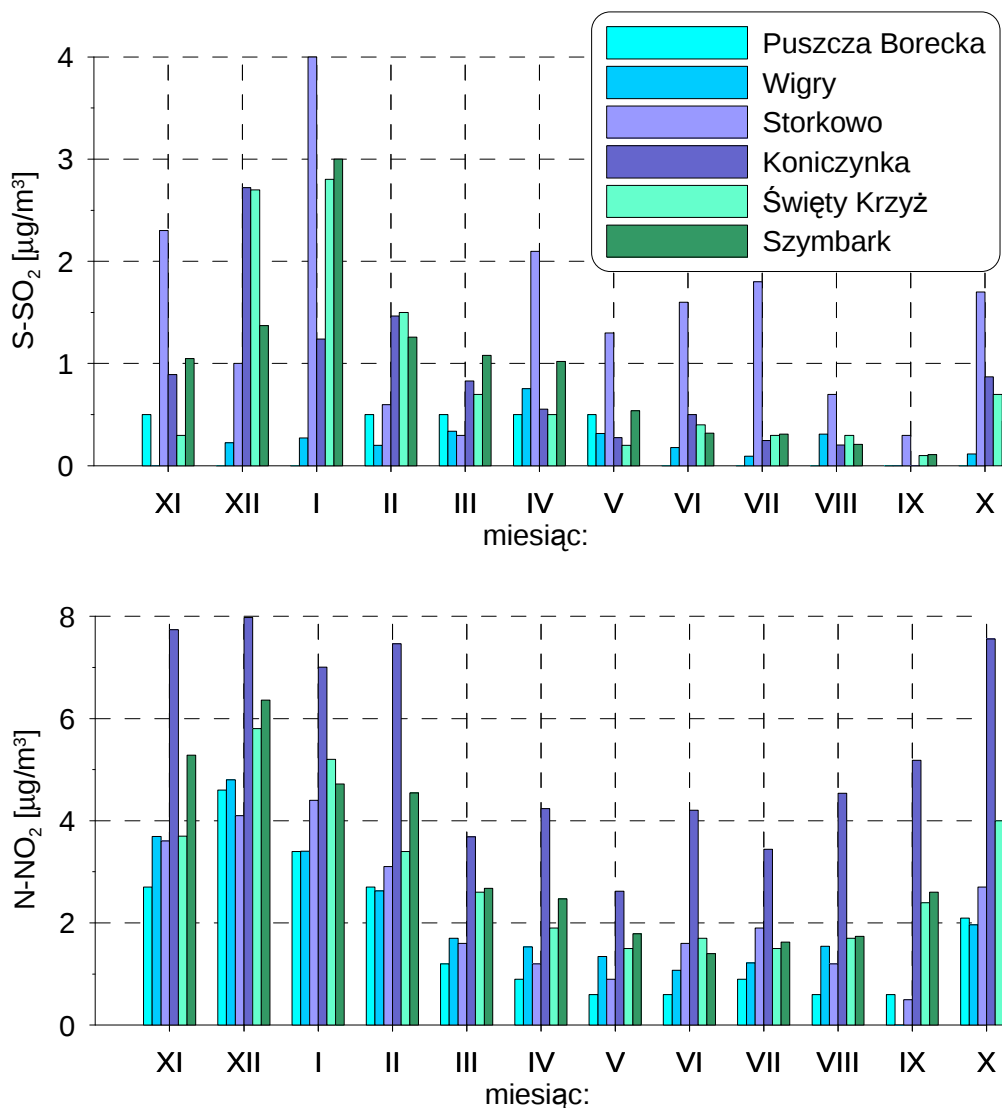
zaznaczono wartości: minimum, I kwartył, medianę, III kwartył oraz maksimum

Najwyższą wartość średnią roczną stężenia siarki w dwutlenku siarki odnotowano na terenie zlewni górnej Parsęty. Wartość ta wyniosła $1,47 \mu g/m^3$, przy zakresie wynoszącym od 0,3 do $4,0 \mu g/m^3$. Dla pozostałych stacji wartości średnie rocznego stężenia $S-SO_2$ nie przekroczyły

poziomu $1,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (ryc. 1). Tak wysokie stężenie dwutlenku siarki na terenie o niewielkim stopniu zanieczyszczenia powietrza, na co wskazują wyniki badań prowadzonych w ramach programu chemizmu opadów oraz zawartości siarki w porostach, jest spowodowana prawdopodobnie niedoskonałościami metody pasywnej.

W przypadku dwutlenku azotu najwyższe średnie roczne stężenie odnotowano na terenie stacji Koniczynka i była to wartość najwyższa w historii prowadzenia pomiarów stężeń tego związku metodą pasywną na terenie zlewni Strugi Toruńskiej (Kejna 2008).

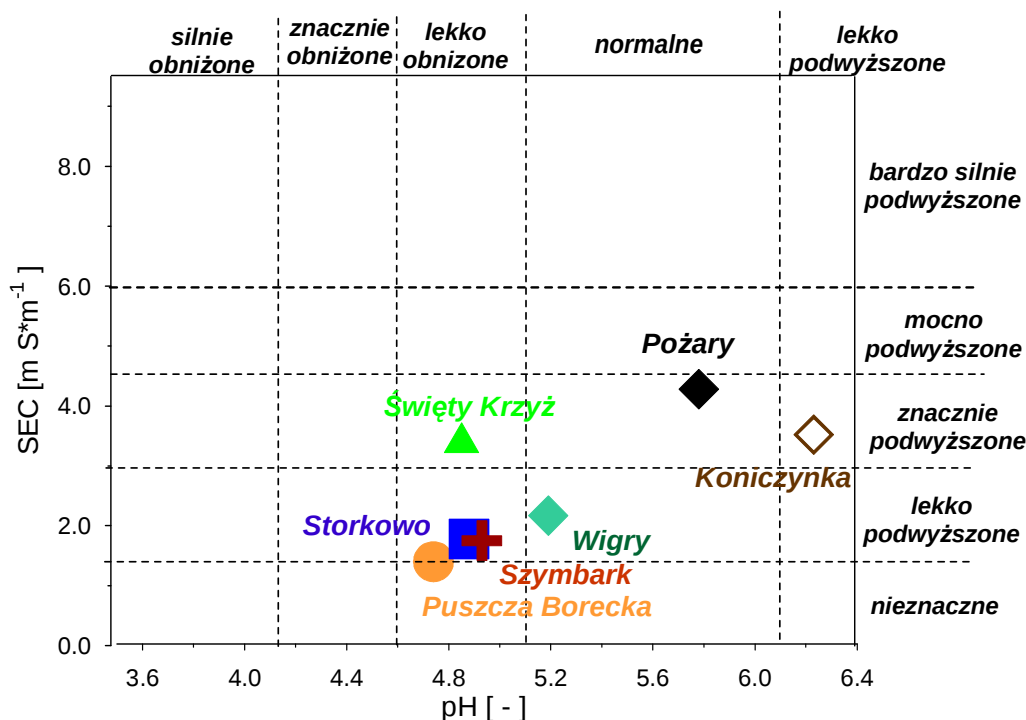
Analogicznie jak w latach ubiegłych najwyższe wartości stężeń dwutlenku siarki i azotu obserwowano w półroczu zimowym, co należy wiązać z emisją tych związków jako efekt spalania paliw kopalnych. Zdecydowanie niższe stężenia analizowanych zanieczyszczeń gazowych powietrza obserwowano w cieplej porze roku. Tendencja ta jest widoczna w przypadku wszystkich stacji (ryc. 2).



Ryc. 2. Miesięczny rozkład stężeń S-SO_2 i N-NO_2 w powietrzu atmosferycznym w roku hydrologicznym 2008.

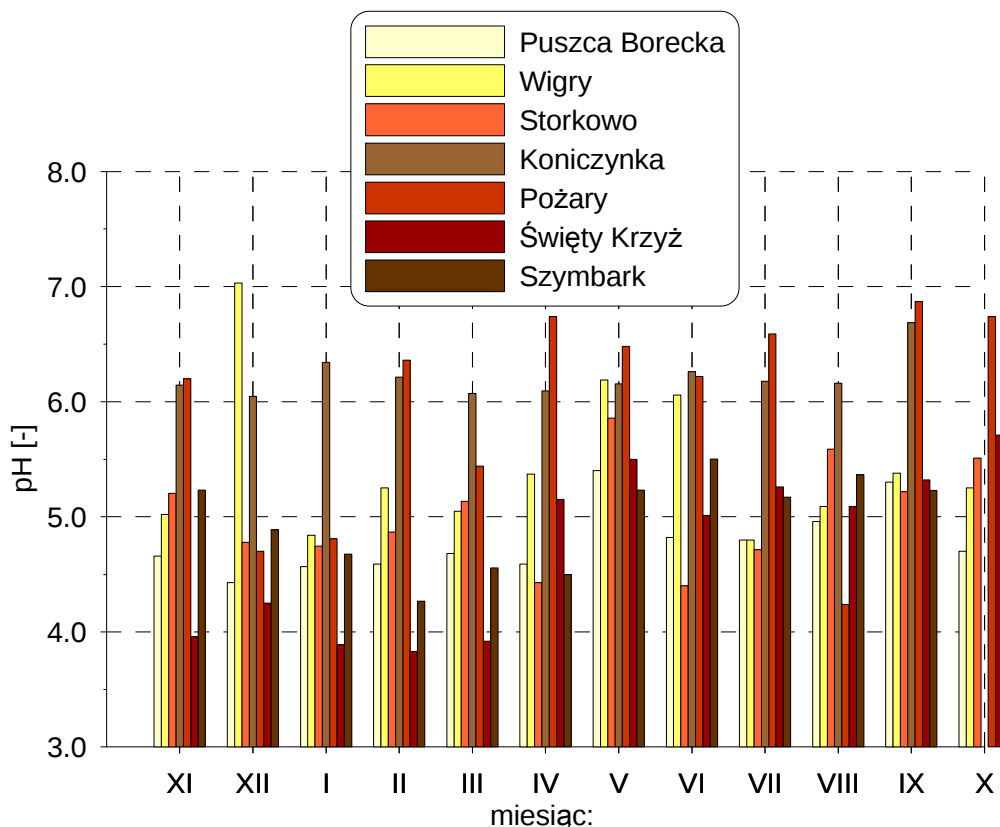
Analiza stężeń dwutlenku siarki azotu, uzyskanych przy zastosowaniu metody pasywnej, pozwalają wyodrębnić dwie grupy stacji. Stacje charakteryzujące się niewielkimi poziomami stężeń wymienionych związków chemicznych. Do stacji tych należy zaliczyć: Storkowo (poza stężeniami dwutlenku siarki) Puszcę Borecką oraz Wigry oraz druga grupa stacji, gdzie notowane stężenia znacznie przekraczały poziom zanieczyszczeń notowanych w pierwszej grupie.

Pierwsza grupa charakteryzuje obszary o niewielkim stopniu antropopresji, nie będących pod wpływem lokalnych źródeł emisji zanieczyszczeń powietrza. Uzyskane wyniki nawiązują przede wszystkim do napływu zanieczyszczeń transgranicznych i długookresowych zmian poziomu zanieczyszczeń atmosfery na poziomie tła. W przypadku Koniczyny obserwowany poziom zanieczyszczeń atmosfery dwutlenkiem siarki i azotu jest efektem oddziaływania aglomeracji Torunia oraz intensywnej gospodarki rolniczej prowadzonej na terenie zlewni Strugi Toruńskiej. Lokalne źródła emisji zanieczyszczeń powietrza obok napływu zanieczyszczeń transgranicznych (Słowacja) to główne czynniki odpowiedzialne za wysokie stężenia omawianych zanieczyszczeń powietrza na terenie zlewni Bystrzanki (Szymbark). W przypadku stacji Święty Krzyż obecność analizowanych związków w powietrzu to efekt napływu zanieczyszczeń znanego z GOP, Bełchatowa oraz źródeł lokalnych.



Ryc. 3. Średnie ważone roczne pH i przewodności elektrolitycznej opadów atmosferycznych w roku hydrologicznym 2008.

W roku hydrologicznym 2008 wszystkie stacje realizował program chemizmu opadów atmosferycznych. Program ten wykonywano w oparciu o pomiar zarówno depozycji całkowitej (kolektory opadu eksponowane całą dobę, niezależnie czy opad wystąpił czy też nie, po każdej dobie kolektor przemywano wodą zdejonizowaną) oraz depozycji mokrej z wykorzystaniem kolektorów firmy Eigenbrodt.

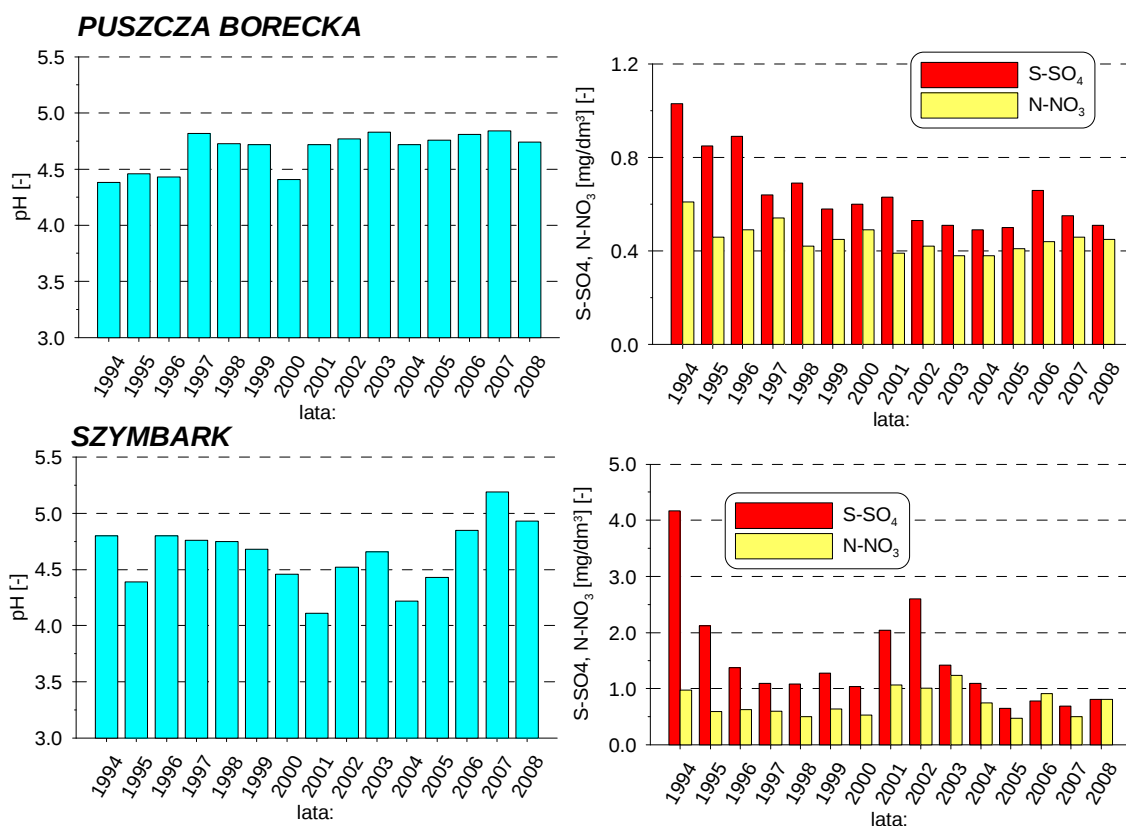


Ryc. 4. Rozkład miesięczny pH opadów atmosferycznych w roku hydrologicznym 2008.

Średnie ważone wartości pH w roku hydrologicznym 2008 pozwalają zaklasyfikować wody opadowe do klasy pH lekko obniżonej – stacje: Puszcza Borecka (4,74), Storkowo (4,88), Święty Krzyż (4,85) i Szymbark (4,93), klasy opadów o pH normalnym – stacje Wigry (5,19) i Pożary (5,78) oraz klasy pH lekko podwyższonego do której została zaliczona stacja Koniczynka (6,23) (ryc. 3). Analizując rozkład sezonowy odczynu dla poszczególnych stacji widoczna jest przewaga opadów o obniżonych wartościach pH w półroczu zimowym. Prawidłowość ta zaznacza się w przypadku wszystkich analizowanych stacji (ryc. 4).

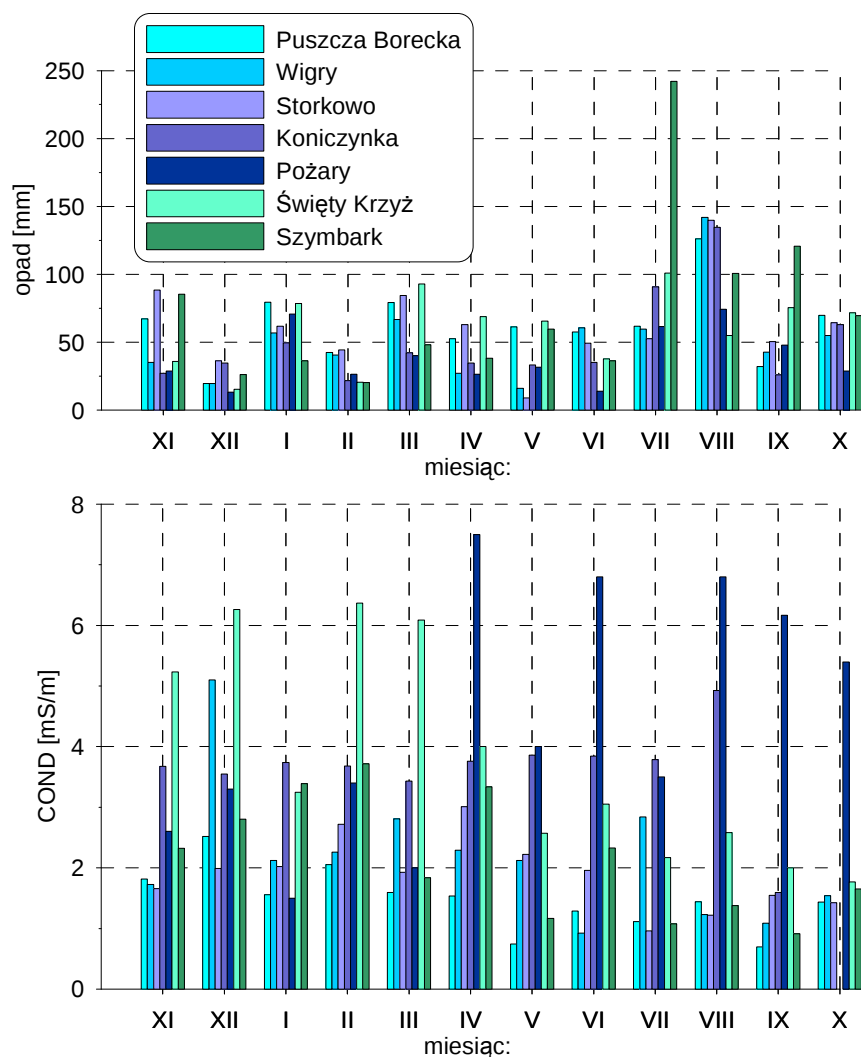
Analiza dostępnych serii obserwacyjnych dla lat: 1994 – 2008 dla dwóch stacji, różniących się stopniem zanieczyszczenia powietrza: Puszczy Boreckiej i Szymbarku wskazują na trend rosnący odczynu opadów atmosferycznych w analizowanym okresie. Należy jednak zauważyć, że w przypadku obu stacji pH opadów atmosferycznych w bieżącym roku było niższe niż w roku poprzedzającym. Dla Szymbarku obniżenie wartości pH w roku hydrologicznym 2008 koresponduje ze wzrostem stężeń siarki siarczanowej i azotu

azotanowego w opadach. Prawidłowość ta nie zaznacza się w przypadku stacji Puszcza Borecka (ryc. 5).



Ryc. 5. Rozkład pH oraz stężeń siarki siarczanowej i azotu azotanowego w opadach atmosferycznych dla okresu 1994 – 2008 dla Stacji Bazowej Puszcza Borecka i Szymbark.

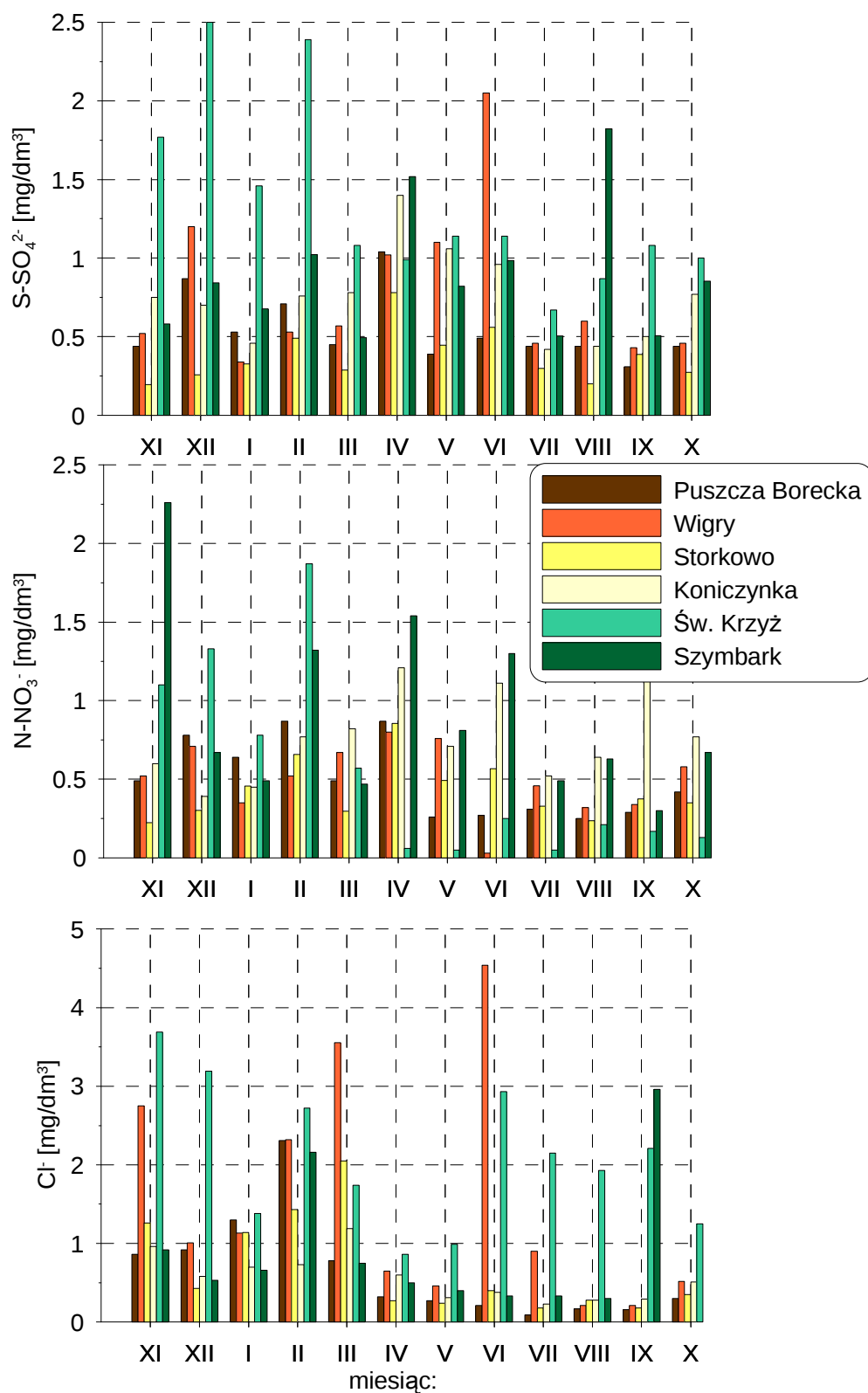
Średnie roczna ważona wartość przewodności elektrolitycznej opadów atmosferycznych w roku hydrologicznym 2008 kształtowała się od wartości nieznacznych Puszcza Borecka (1,40mS/m), lekko podwyższonej Storkowo (1,78mS/m), Wigry (2,17mS/m), Szymbark (1,75mS/m) do znacznie podwyższonej Święty Krzyż (3,39mS/m), Koniczynka (3,52mS/m), Pożary (4,28mS/m). W skali roku wartości najwyższe odnotowywano w półroczu chłodnym, co należy wiązać zarówno z większym poziomem zanieczyszczenia powietrza w tym okresie i mniejszymi sumami opadów atmosferycznych (ryc. 6). Najniższą mineralizację obserwowano w miesiącach letnich, zwłaszcza w okresie intensywnych opadów atmosferycznych. Prawidłowość ta nie zaznacza się w przypadku stacji Pożary, dla której wartości najwyższe przewodności elektrolitycznej obserwowano w okresie ciepłym. Zestawienie stężeń wybranych jonów na tle klasyfikacji Jansena, Blocka i Knaacka (1988) wskazuje, że uzyskane poziomy pozwalają zaliczyć zamieszczone wartości do klas stężeń nieznacznych i lekko podwyższonych (tab. 1).



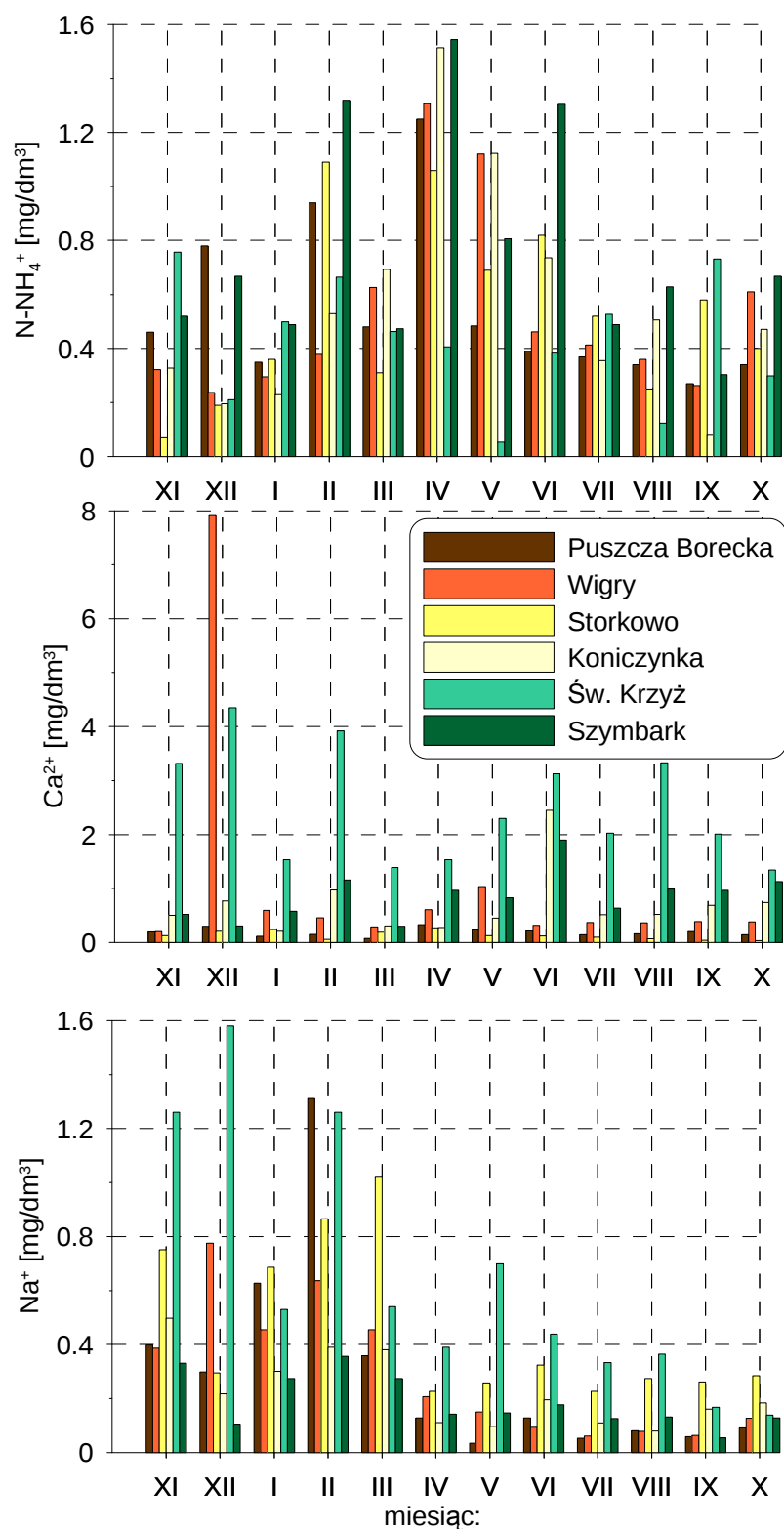
Ryc. 6. Rozkład przewodności elektrolitycznej (COND) na tle wysokości opadów atmosferycznych w roku hydrologicznym 2008.

Tabela 2. Zestawienie stężeń wybranych jonów w opadzie atmosferycznym w roku hydrologicznym 2008 na tle klasyfikacji Jansena, Blocka i Knaacka (1988)

Stacja	Puszcza Borecka	Storkowo	Wigry	Koniczynka	Święty Krzyż	Szymbark
parametr	mg/dm ³					
Cl ⁻	0,56	0,74	1,52	0,49	1,83	0,71
NO ₃ ⁻	1,98	1,73	2,24	3,14	1,64	3,59
SO ₄ ²⁻	1,53	1,03	2,32	1,98	1,11	2,43
NH ₄ ⁺	0,64	0,59	0,69	0,68	0,55	0,84
	nieznaczna			lekko podwyższona		

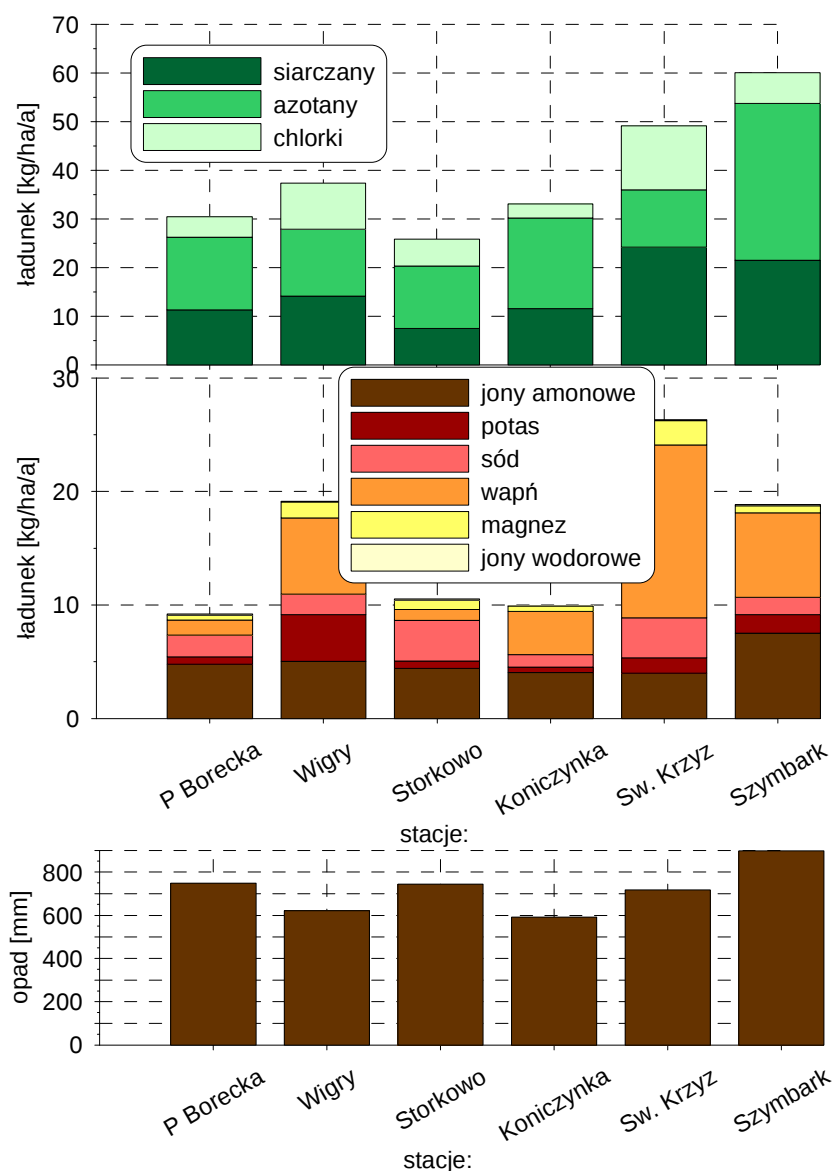


Ryc. 7. Rozkład miesięczny stężeń anionów w opadzie atmosferycznym w roku hydrologicznym 2008.

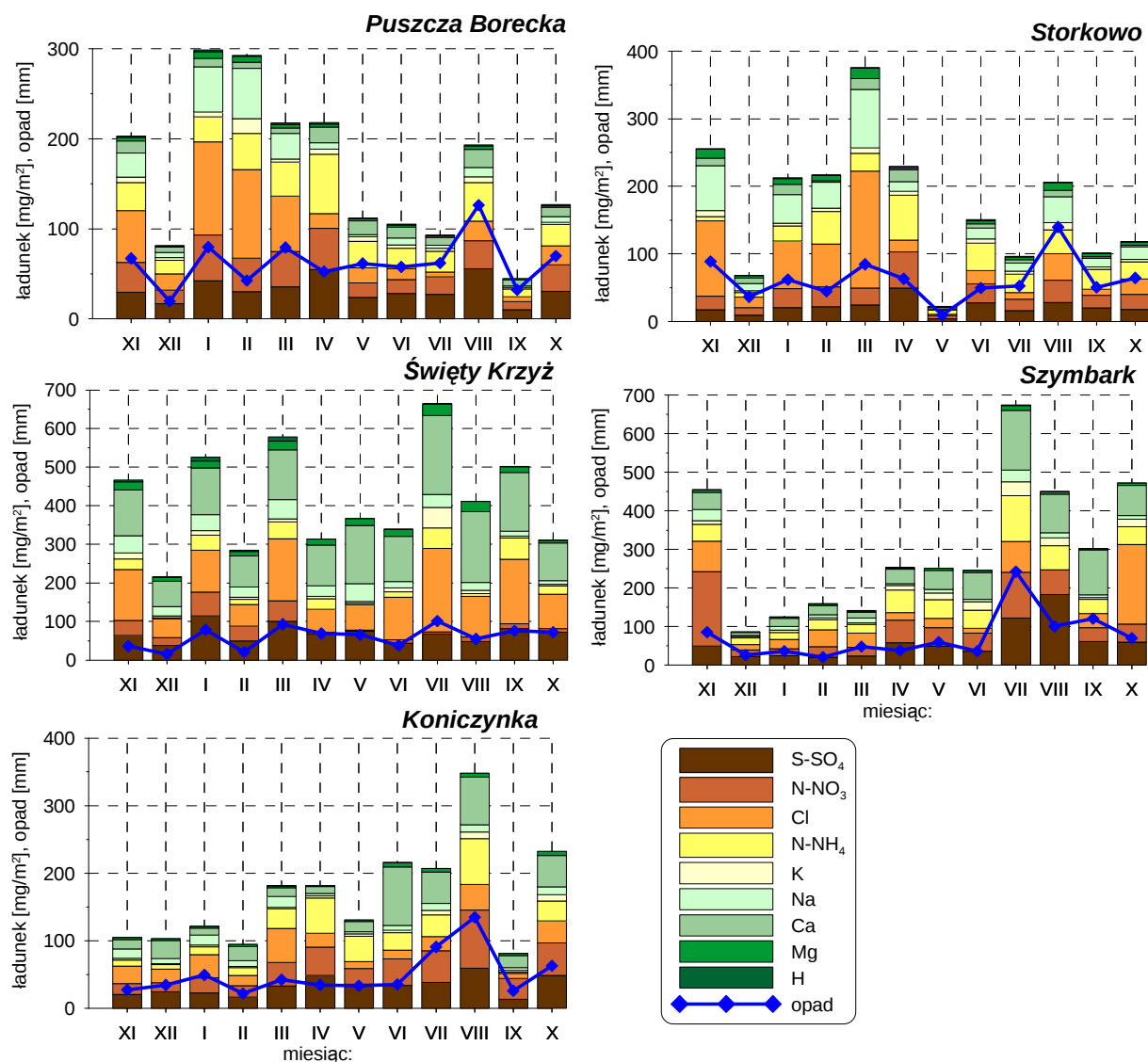


Ryc. 8. Rozkład miesięczny stężeń wybranych kationów w opadzie atmosferycznym w roku hydrologicznym 2008.

Dla stacji Puszcza Borecka w składzie chemicznym wód opadowych dominowały: azot amonowy, siarka siarczana, azot azotanowy, jony wodorowe. W stosunku do roku poprzedniego wzrósł udział w składzie chemicznym jonów wodorowych, natomiast zmalał udział jonów pochodzenia morskiego (Śnieżek 2008). Dla zlewni górnej Parsęty (stacja Storkowo) w grupie anionów dominowały azotany, następnie siarczany oraz chlorki, natomiast wśród kationów jony amonowe, sód, magnez, wapń oraz jony wodorowe (Szpikowska 2008). W składzie chemicznym opadu atmosferycznego na terenie zlewni Bystrzanki (stacja Szymbark) największym udziałem odznaczały się obie formy azotu – amonowy oraz azotanowy, następnie siarczany oraz wapń (Bochenek 2008).



Ryc. 9. Wielkość depozycji atmosferycznej na tle sum rocznych opadów atmosferycznych w roku hydrologicznym 2008.



Ryc. 10. Rozkład miesięczny depozycji atmosferycznej na tle opadów atmosferycznych w roku hydrologicznym 2008.

Przeprowadzona analiza zmienności czasowej stężeń głównych anionów i kationów w opadzie atmosferycznym potwierdza, że najwyższe stężenia siarczanów chlorków oraz azotanów notowano w półroczu zimowym (ryc. 7). Dla siarczanów był to grudzień, luty oraz kwiecień, dla azotanów listopad, luty i kwiecień. W przypadku chlorków najwyższe stężenia obserwowano w lutym i marcu. Analogiczny rozkład widoczny jest w przypadku jonów sodu. Zawartość sodu oraz chlorków w opadzie atmosferycznych zależy od napływu mas powietrza polarnomorskiego, zasobnego w aerozole pochodzenia morskiego. Odminnym rozkładem charakteryzowały się jony amonowe. Obecność jonów amonowych w opadzie jest związana z emisją do atmosfery amoniaku, którego źródłem są procesy rozkładu materii organicznej. Najwyższe stężenia tej formy azotu notowano na przełomie półroczu zimowego i letniego (ryc. 8).

Podstawowym elementem, którego rozpoznanie jest istotne dla funkcjonowania geoeosystemów jest wielkość rocznej depozycji atmosferycznej i jej struktura. Rok hydrologiczny 2008 pod względem warunków opadowych i poziomu zanieczyszczeń opadów atmosferycznych należał do lat przeciętnych. Porównując wielkość rocznej depozycji atmosferycznej dla wszystkich stacji największe jej wartości zanotowano na stacjach położonych na obszarach górskich (Święty Krzyż, Szymbark). Jest to zarówno związane z wysokimi stężeniami podstawowych jonów w opadzie w porównaniu do pozostałych stacji oraz przede wszystkim wysokich rocznych sum opadów atmosferycznych.

Analizując rozkład miesięczny depozycji atmosferycznej na tle sum rocznych opadów atmosferycznych dla stacji położonych w północnej części kraju największe ładunki przypadają na półrocze zimowe. W tym przypadku wielkość depozycji zanieczyszczeń do podłoża nie zależy tylko od sumy opadów ale nawiązuje również do poziomu stężeń składników chemicznych w opadzie atmosferycznym. Dla stacji Szymbark, Święty Krzyż oraz Koniczynka to wysokość opadów wpływa na wielkości depozycji atmosferycznej (ryc. 10). Stąd najwyższe wartości ładunku substancji rozpuszczanych docierających do podłoża są czasowo skorelowane z okresami o największych sumach miesięcznych opadów (półrocze letnie).

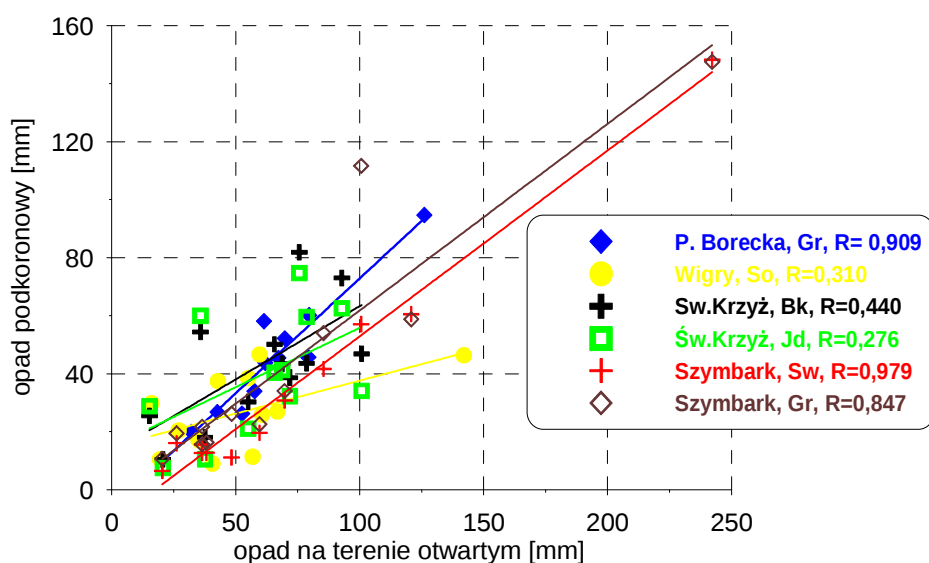
PRZEPŁYW MATERII W PROFILU: ATMOSFERA – ROŚLINNOŚĆ – GLEBA

W roku hydrologicznym 2008 monitoring właściwości chemicznych opadu podkoronowego prowadzono na wszystkich stacjach bazowych ZMŚP poza Konieczynką, na terenie której nie występują zespoły leśne. W przypadku drzewostanów liściastych prowadzony był również monitoring spływu po pniach drzew (Puszcza Borecka, Święty Krzyż, Pożary, Szymbark). Program opad podkoronowy realizowano na terenie stacji Puszcza Borecka w drzewostanie grabowo-świerkowo-dębowym, w Wigrach w drzewostanie świerkowo-sosnowym, w Storkowie i Pożarach w drzewostanie sosnowym, na Świętym Krzyżu w drzewostanie bukowym i jodłowym oraz w Szymbarku w drzewostanie grabowym i świerkowym. Obok monitoringu depozycji atmosferycznej pod koronami drzew stacje prowadziły również pomiary wielkości i składu chemicznego opadu organicznego (Puszcza Borecka, Święty Krzyż oraz Wigry). Dwie stacje realizowały program monitoringu roztworów glebowych w ekosystemach leśnych – Wigry oraz Święty Krzyż.

W strefie klimatu umiarkowanego roślinność aktywnie wpływa zarówno na obieg wody jak i na cykle biogeochemiczne pierwiastków. Rola roślinności jest szczególnie istotna na obszarach narażonych na oddziaływanie zanieczyszczeń powietrza. Z jednej strony roślinność stanowi filtr dla zanieczyszczeń, w efekcie ładunek jonów docierający z opadem do gleby pod koronami drzew jest większy niż na terenie otwartym. Jest to szczególnie istotne w przypadku substancji zakwaszających lub alkalizujących środowisko glebowe. Z drugiej strony roślinność pobiera z opadów niektóre jony (wodorowe, azotanowe, amonowe) lub wydala (kwas organiczny) przeciwdziałając lub intensyfikując procesy zakwaszania wód opadowych.

Średnie wartości przepuszczalności badanych drzewostanów kształtowały się od 48% w drzewostanie świerkowym w Szymbarku do 72% w drzewostanie bukowym na Świętym Krzyżu. Wartość przepuszczalności strefy koron drzew dla opadów atmosferycznych zależy przede wszystkim od typu drzewostanu (iglasty – liściasty), wieku (zwarcie koron drzew), struktury piętrowej (liczba pięter w drzewostanie). Na przepuszczalność drzewostanów wpływają również warunki meteorologiczne, w tym zwłaszcza wysokość, natężenie i czas trwania opadu, prędkość wiatru oraz temperatura powietrza. Uzyskane wyniki wysokości opadu podkoronowego w badanych zespołach leśnych potwierdzają, że intercepcja osiąga większe wartości w drzewostanach iglastych, w porównaniu do gatunków liściastych. Jest to efekt większej powierzchni zwilżania igieł w porównaniu do liści oraz większej gęstości koron drzew iglastych. We wszystkich przypadkach uzyskano zależność wysokości opadu podkoronowego od opadu na terenie otwartym (ryc.1).

Dotychczasowe badania nie potwierdzają jednoznacznie, że opad pod koronami drzew charakteryzuje się pH niższym w stosunku do opadu na terenie otwartym (opadu bezpośredniego) (Parker 1983, Van Breemen i in. 1989, Ivens 1990).



Ryc. 1. Zależność wysokości opadu podkoronowego od wysokości opadu na terenie otwartym.

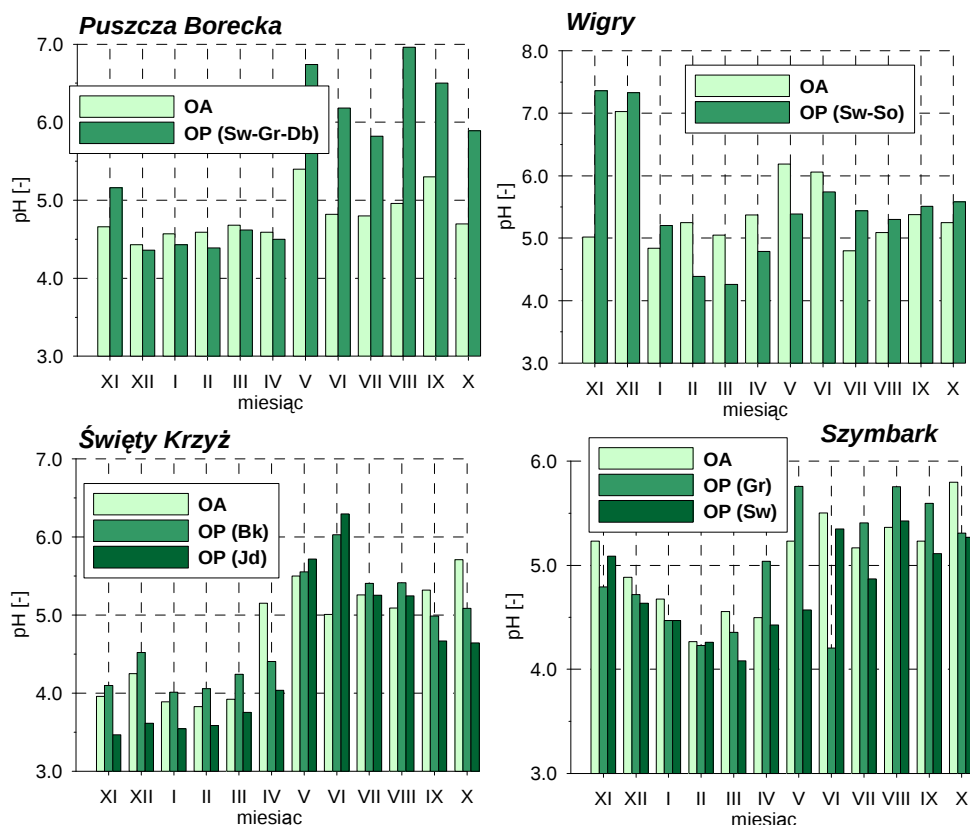
Dla każdego drzewostanu zamieszczono wartości współczynnika determinacji; drzewostany: Gr – grabowy, Jd – jodłowy, Bk – bukowy, So – sosnowy, Sw – świerkowy

Procesy zakwaszania wód opadowych w strefie koron drzew są efektem adsorpcji zanieczyszczeń atmosferycznych (związków siarki i azotu) oraz procesów wymywania z roślin słabych kwasów organicznych. Z drugiej strony w pobliżu lokalnych źródeł emisji zanieczyszczeń alkalicznych (przemysł cementowo-wapienniczy) obserwowany jest wzrost pH opadu pod koronami drzew. Jednocześnie same rośliny na drodze reakcji jonowymiennych, zachodzących pomiędzy opadem a komórkami roślinnymi podnoszą wartość pH poprzez pobieranie jonów wodorowych i wprowadzaniem do opadu głównie jonów potasu i wapnia.

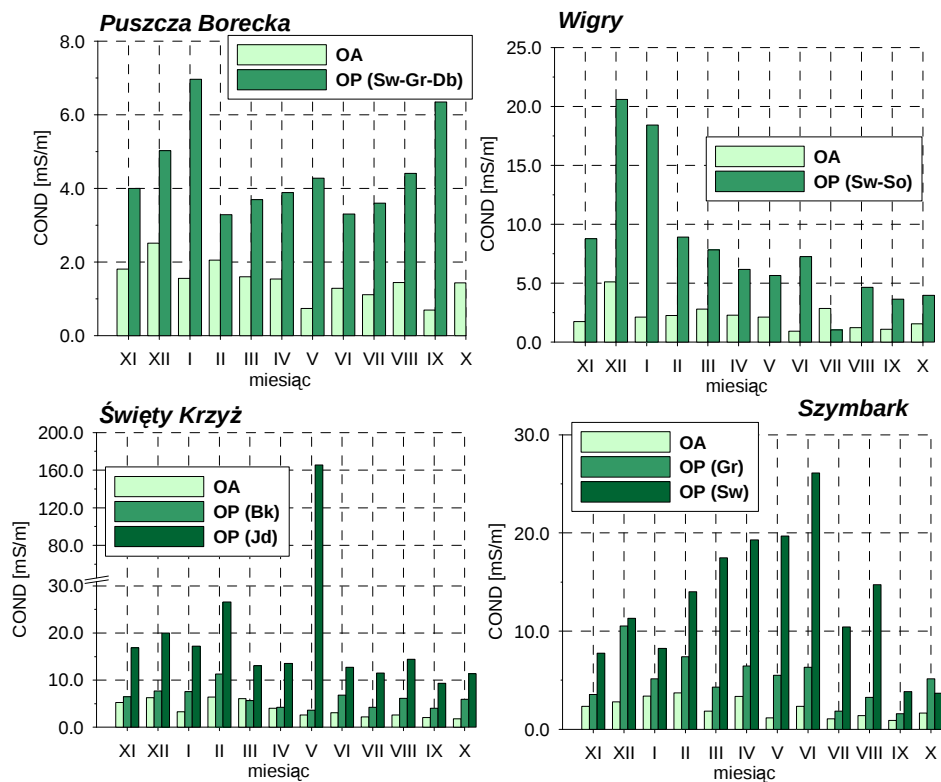
Tabela 1 Wartości pH i przewodności elektrolitycznej (COND) opadu podkoronowego w roku hydrologicznym 2008.

stacja bazowa/drzewostan	opad na terenie otwartym		opad podkoronowy	
	pH [-]	COND[mS/m]	pH [-]	COND[mS/m]
P Borecka (Gr-Sw-Db)	4,74	1,4	4,92	4,2
Wigry (Sw-So)	5,19	2,2	4,94	8,1
Storkowo (So)	4,88	1,8	4,96	3,9
Św. Krzyż (Bk)	4,85	3,4	4,78	5,5
Św. Krzyż (Jd)	4,85	3,4	4,31	13,5
Szymbark (Gr)	4,93	1,8	4,92	3,6
Szymbark (Sw)	4,93	1,8	4,83	10,7

Drzewostany: Gr – grabowy, Jd – jodłowy, Bk – bukowy, So – sosnowy, Sw – świerkowy, Db – dębowy.



Ryc. 2. Rozkład miesięczny odczynu opadu na terenie otwartym (OA) i opadu podkoronowego (OP) w roku hydrologicznym 2008.

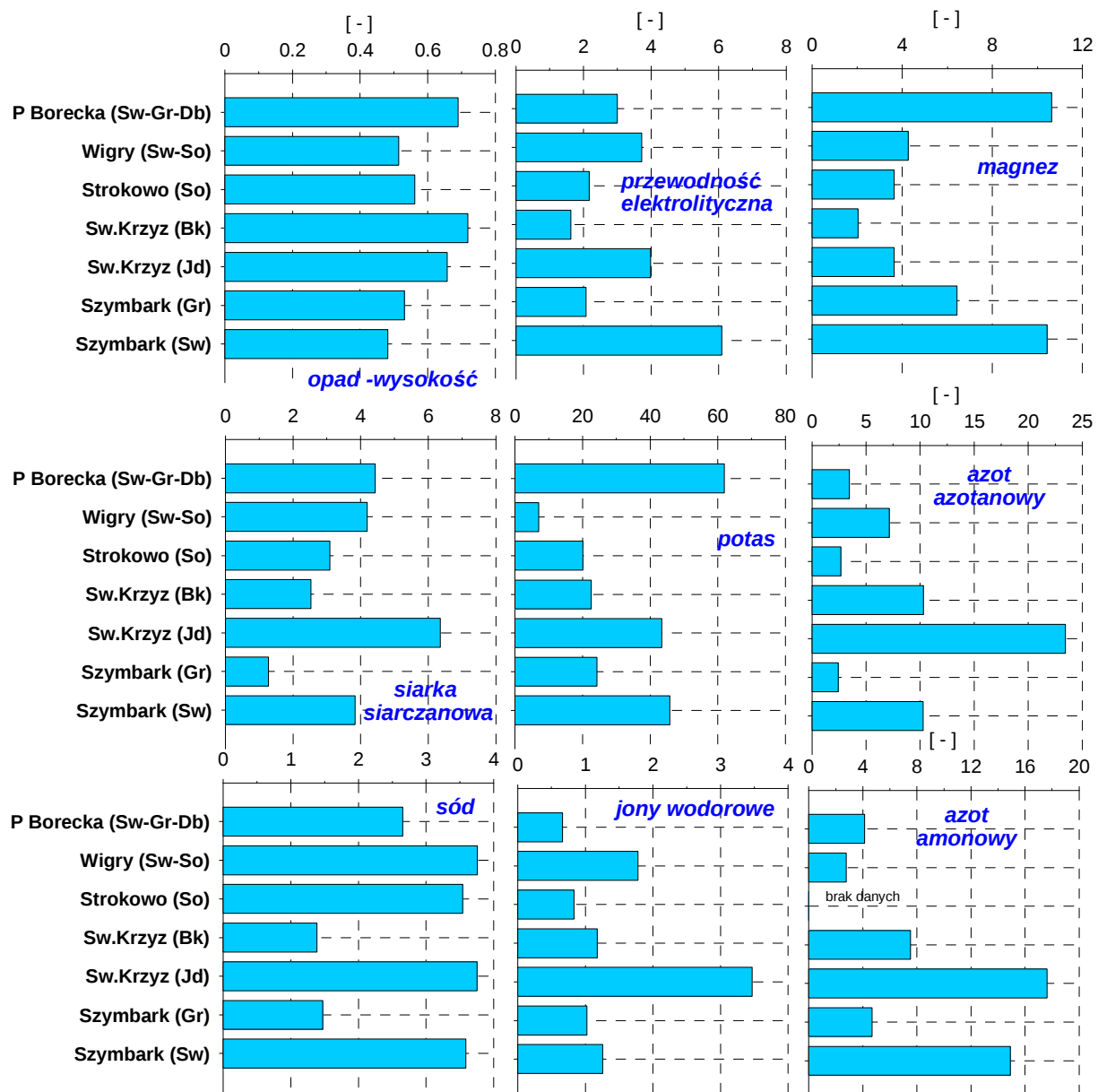


Ryc. 3. Rozkład miesięczny przewodności elektrolitycznej opadu na terenie otwartym (OA) i opadu podkoronowego (OP) w roku hydrologicznym 2008.

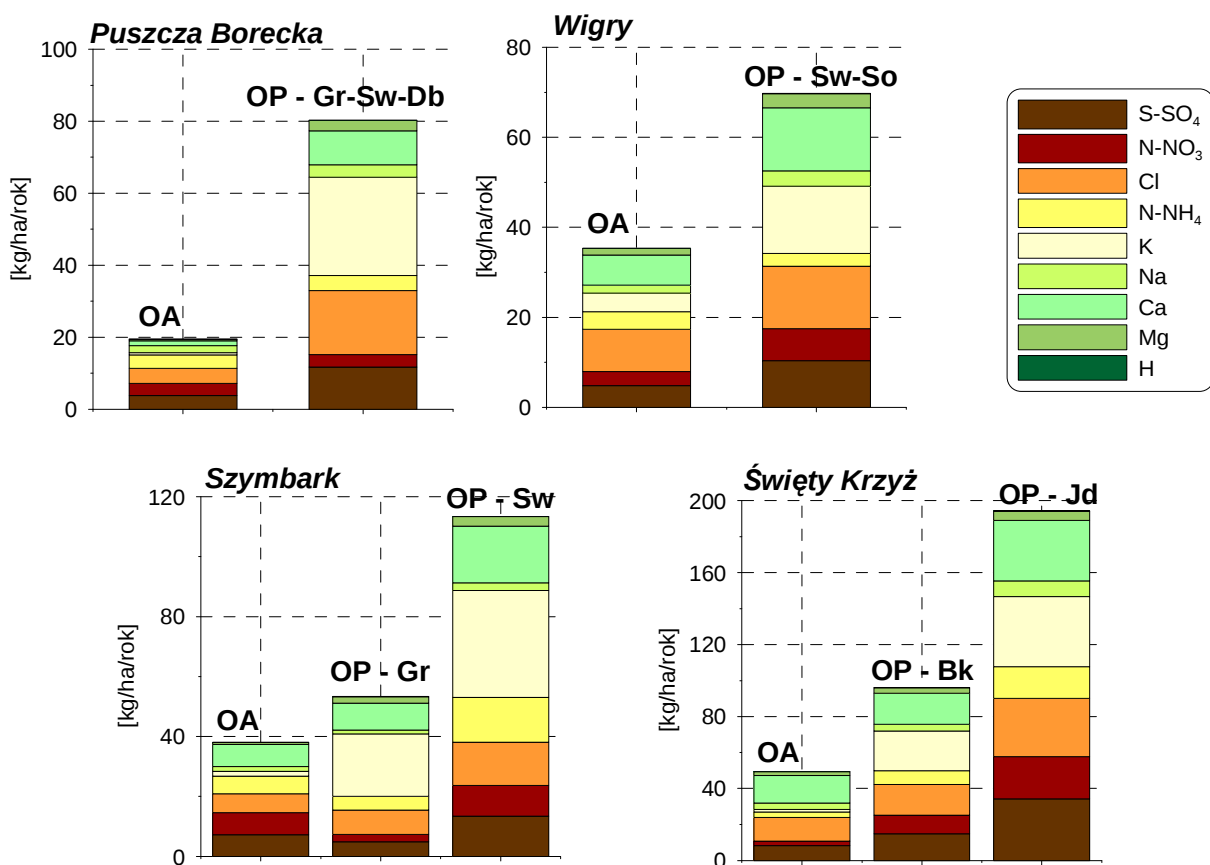
Drzewostany: Gr – grabowy, Jd – jodłowy, Bk – bukowy, So – sosnowy, Sw – świerkowy, Db – dębowy.

Uzyskane wartości odczynu opadu podkoronowego w roku hydrologicznym 2008 kształtowały się od 4,31 pH w drzewostanie jodłowym na Świętym Krzyżu do 4,96 w drzewostanie sosnowym na terenie zlewni górnej Parsęty (tab. 1). Porównując te wartości z odczynem opadu na terenie otwartym zaznacza się spadek kwasowości wód opadowych pod koronami drzewostanów liściastych. Jest to zgodne z wynikami badań prowadzonych w ramach *ICP Forest* poziom II, które potwierdzają obecność procesów neutralizacji kwaśnych wód opadowych w strefie koron drzew w zbiorowiskach lasów liściastych. W przypadku gatunków iglastych obserwowano zarówno procesy neutralizacji kwaśnych wód opadowych oraz procesy zakwaszania związane z splukiwaniem suchej depozycji związków kwasogennych. Wyjątek stanowi drzewostan bukowy na Świętym Krzyżu, w przypadku którego wartość średnia ważona roczna pH opadu podkoronowego był niższa o 0,07 jednostek pH w porównaniu do opadu na terenie otwartym. Również w drzewostanie grabowym w Szymbarku odczyn opadu podkoronowego jest zbliżony do opadu poza lasem. W obu przypadkach obniżenie wartości odczynu opadu podkoronowego jest związane procesami splukiwania zanieczyszczeń kwasowych, które zostały zdeponowane na powierzchni koron w okresie bezdeszczowym. Należy zaznaczyć że zarówno tereny leśne na Świętym Krzyżu i w zlewni Bystrzanki są poddane immisji zanieczyszczeń kwaśnych o zasięgu lokalnym i regionalnym. Analiza rozkładu czasowego pH opadu podkoronowego wskazuje, że jest on skorelowany czasowo z pH opadu na terenie otwartym (ryc. 2). Potwierdza to, że depozycja atmosferyczna jest podstawowym czynnikiem kształtującym równowagę kwasowo-zasadową opadu podkoronowego. W skali roku hydrologicznego w drzewostanach liściastych największe różnice pH pomiędzy opadem podkoronowym i na terenie otwartym obserwowano w półroczu letnim. W okresie tym kwasowość opadu pod koronami była niższa w porównaniu do terenu otwartego.

Wskaźnikiem zawartości rozpuszczonych substancji w wodzie jest przewodność elektrolityczna. Zestawienie wartości konduktancji opadu pod koronami drzew na tle opadu na terenie otwartym wskazuje na obecne procesy wzbogacania wód opadowych w kontakcie z powierzchnią roślin. Poziom mineralizacji opadu podkoronowego był najwyższy w drzewostanach iglastych: jodłowym na Świętym Krzyżu – 13,5mS/m, świerkowym w Szymbarku 10,7mS/m oraz świerkowo-sosnowym w Wigrach - 8,8mS/m. Są to wartości wielokrotnie razy większy niż w opadzie poza lasem (ryc. 3). Wzrost przewodności elektrolitycznej opadu podkoronowego jest efektem procesów zatężenia roztworu (proces intercepcji), splukiwania suchej depozycji z powierzchni koron oraz procesów wymywania jonów z komórek roślinnych.



Ryc. 4. Wartości wskaźnika koncentracji dla wybranych parametrów fizykochemicznych opadu podkoronowego.
Drzewostany: Gr – grabowy, Jd – jodłowy, Bk – bukowy, So – sosnowy, Sw – świerkowy



Ryc. 5. Zestawienie depozycji rocznej substancji rozpuszczonych pod koronami drzew i na terenie otwartym w roku hydrologicznym 2008.

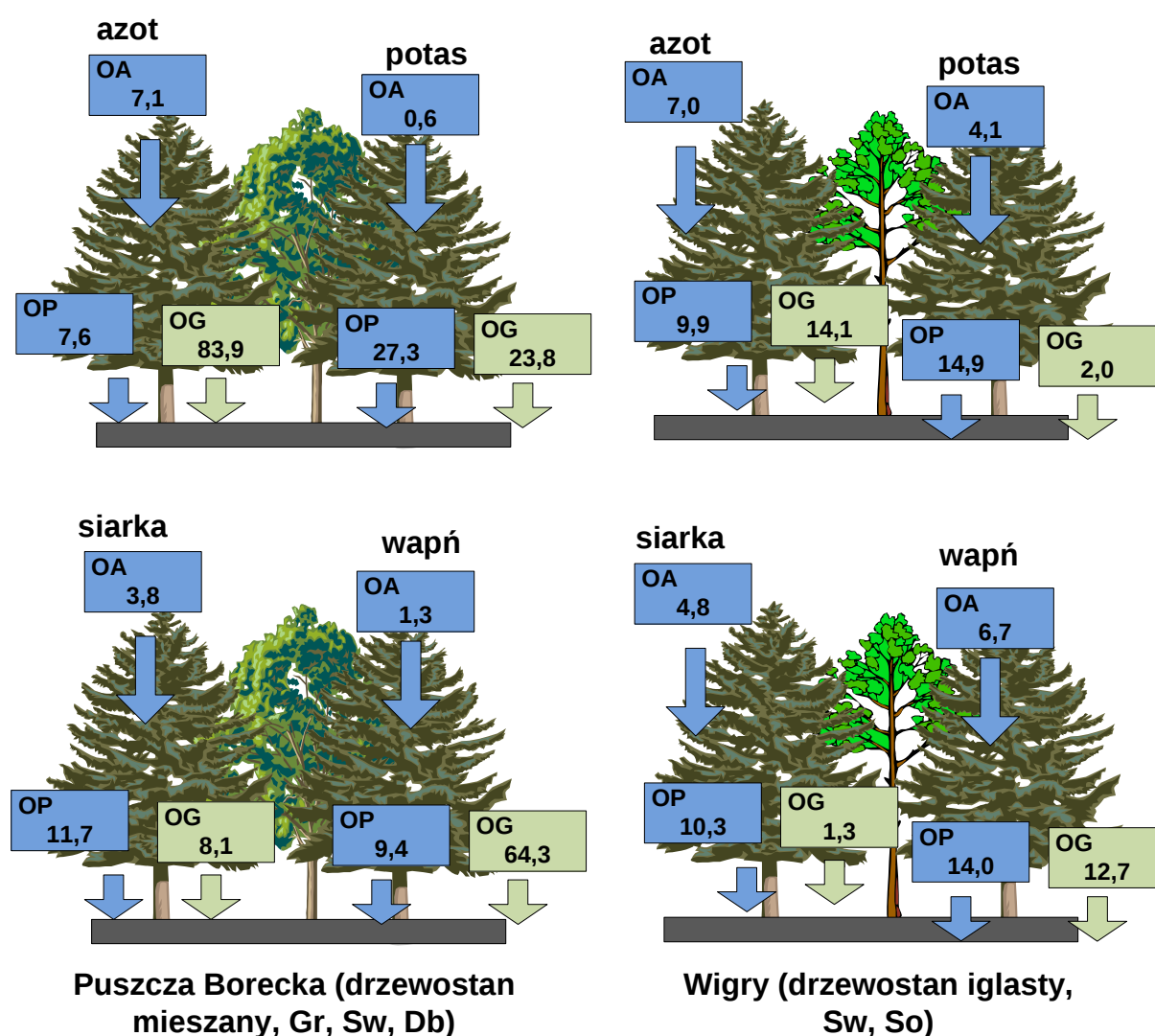
Drzewostany: Gr – grabowy, Jd – jodłowy, Bk – bukowy, So – sosnowy, Sw – świerkowy

Rozkład czasowy przewodności elektrolitycznej opadu podkoronowego wykazuje dużą zgodność z zróżnicowaniem mineralizacji opadu na terenie otwartym. Niezależnie od typu drzewostanu przewodność elektrolityczna opadu podkoronowego jest wyższa od tej obserwowanej w opadzie na terenie otwartym (ryc.3).

Modyfikację parametrów fizykochemicznych wód opadowych w zbiorowiskach leśnych potwierdza wartość wskaźnika koncentracji, który jest stosunkiem stężenia w opadzie podkoronowym do stężenia tego jonu w opadzie na terenie otwartym (ryc. 4). Wartości większe od jedności wskazują na procesy wzbogacenia wód opadowych zachodzące w strefie koron drzew w dany jon. Generalnie niezależnie od drzewostanu wzrasta udział w opadzie podkoronowym jonów: potasu, wapnia oraz magnezu. Wzrost stężeń tej grupy jonów jest efektem procesów wymiany jonowej i wymywania w czasie kontaktu wód opadowych z powierzchnią roślin. Wysokie wartości wskaźnika koncentracji w przypadku potasu i wapnia występują przede wszystkim w zbiorowiskach gatunków liściastych – drzewostan mieszany w Puszczy Boreckiej. Intensywne procesy wymywania tych elementów niewątpliwie nawiązują do zasobności gleby w wymienione pierwiastki.

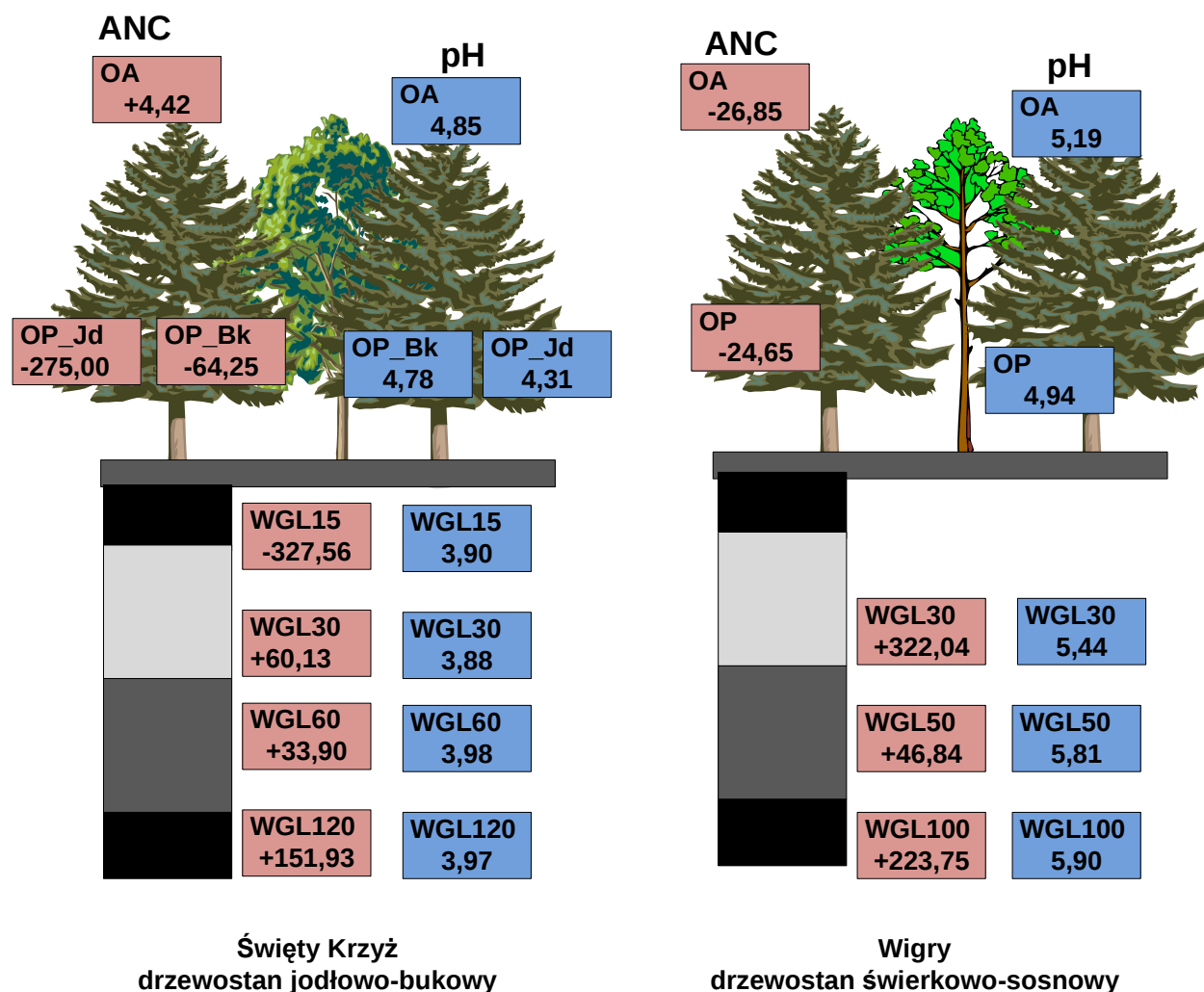
W przypadku siarki siarczanowej, azotu amonowego i azotanowego oraz sodu największe wzbogacenie wód opadowych w te pierwiastki miało miejsce w drzewostanach iglastych i na obszarach o wysokich wartościach przewodności elektrolitycznej opadów atmosferycznych. Obecność tych pierwiastków w opadzie podkoronowym jest związana z procesami splukiwania zanieczyszczeń z powierzchni koron, ponadto gatunki iglaste zdecydowanie efektywniej wychwytyją zanieczyszczenia obecne w atmosferze i w ten sposób zwiększając ich depozycje pod koronami drzew.

Niewątpliwie pomimo strat wody w procesie intercepcji ładunek jonów pod koronami drzew w przekracza wartości notowane na terenie otwartym. W przypadku wszystkich drzewostanów wartość depozycji pod koronami przekraczała ładunek jonów jaki dostaje się z opadem atmosferycznym do podłoża na terenie otwartym (ryc. 5).

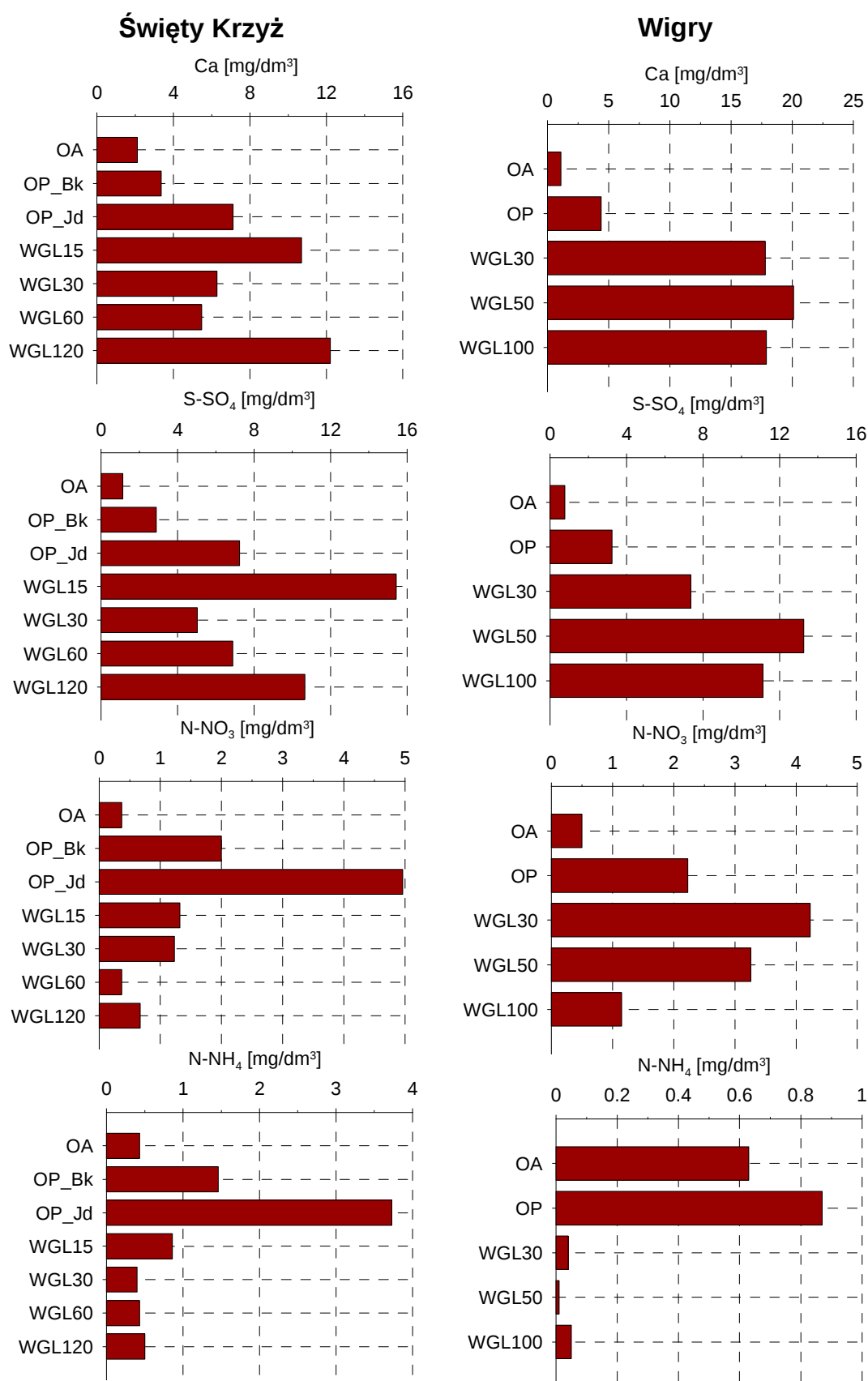


Ryc. 6. Dopływ pierwiastków z opadem atmosferycznym (OA), opadem podkoronowym (OP) i opadem organicznym (OG) w roku hydrologicznym 2008.
Ładunki w kg/ha/rok

W roku hydrologicznym 2008 na dwóch stacjach bazowych równoległe z pomiarem depozycji pod koronami drzew prowadzono monitoring opadu organicznego. Obok pomiaru masy opadu organicznego określano również zawartość pierwiastków w materiale organicznym. Badania prowadzono w drzewostanie mieszanym: grabowo-sosnowo-dębowym na terenie stacji Puszcza Borecka oraz w lesie iglastym (świerkowo-sosnowym) położonym na terenie zlewni Czarnej Hańczy (stacja Wigry). Uzyskane wartości depozycji podstawowych pierwiastków (azot, siarka, potas, wapń, sód, magnez) potwierdzają, że w większości przypadków podstawową drogą dopływu tych biogenów do gleby jest opad organiczny, który jest jedną ze składowych wewnętrznego obiegu pierwiastków w ekosystemie leśnym.



Ryc. 7. Rozkład ANC i w układzie: atmosfera (OA), opad podkoronowy (OP) – roztwory glebowe (WGL) na głębokości 15, 30, 50, 60, 100 i 120 cm w ekosystemie lasu bukowo-jodłowego (stacja Święty Krzyż) i świerkowo-sosnowym (stacja Wigry) w roku hydrologicznym 2008.



Ryc. 8. Rozkład wybranych stężeń jonów w profilu: atmosfera (OA – opad atmosferyczny), roślinność (OP – opad podkoronowy, Jd – jodła, Bk - buk), gleba (WGL – roztwory glebowe na głębokości: 15, 30, 60, 100 i 120cm).

Opad organiczny jest najważniejszą drogą dopływu azotu do gleby zarówno w przypadku drzewostanu mieszanego i iglastego (ryc. 6.). Wskazuje to, że w przypadku obu ekosystemów leśnych zapotrzebowanie na ten pierwiastek jest zdecydowanie większe niż wielkość depozycji atmosferycznej. Związki azotu w tej sytuacji nie powodują zakwaszania gleby, są one bowiem wykorzystywane przez rośliny w procesie biosyntezy. Odmienne przedstawia się sytuacja w przypadku siarki. W obu ekosystemach dopływ atmosferyczny znacznie przekracza ładunek tego pierwiastka dostarczany do gleby z opadem organicznym. W takiej sytuacji dopływ atmosferyczny siarki przekracza możliwości wykorzystania tego pierwiastka przez rośliny, przyczyniając się tym samym do zakwaszania gleby.

W roku hydrologicznym 2008 monitoring chemizmu roztworów glebowych prowadzony był na dwóch powierzchniach testowych: na Świętym Krzyżu (gleba rdzawo brunatna opadowoglejowa) oraz w zlewni Czarnej Hańczy (gleba płowa zbielicowana). W badaniach wykorzystywano próbniki podciśnieniowe, które umieszczono na głębokościach nawiązujących do budowy profilu glebowego.

Rozkład pH w profilu gleby rdzawo brunatnej opadowoglejowej na Świętym Krzyżu wskazuje, że jest ona buforowana w zakresie buforowości od glinowej do glinowo-żelazowej (ryc. 7). Analiza rozkładu kwasowości roztworów w profilu: atmosfera – strefa koron drzew – profil glebowy potwierdza, że procesy zakwaszania wód opadowych zachodzą już na etapie kontaktu wody z powierzchnią roślin. Wzrost kwasowości na tym etapie jest przede wszystkim efektem splukiwania substancji kwasogennych, osadzonych na powierzchni roślin w okresie bezdeszczowym. Dalszy wzrost kwasowości obserwowany w profilu glebowym należy wiązać z uwalnianiem słabych kwasów organicznych powstających podczas rozkładu materii organicznej oraz kwaśnych kationów – przede wszystkim glinu, manganu i żelaza w procesie wietrzenia chemicznego minerałów glebowych.

W przypadku gleby płowej zbielicowanej w zbiorowisku boru świeżego w zlewni Czarnej Hańczy wartość odczynu wynosiły od 5,44 na głębokości 30cm, 5,81 na 50cm oraz 5,90 na głębokości 100cm. Uzyskane wartości pH wskazują, że omawiana gleba jest buforowana w zakresie buforowości krzemianowej. Rozkład pojemności zobojętniania kwasów w całym profilu przyjmuje wartości dodatnie, wskazując tym samym przewagę kationów zasadowych nad anionami silnych kwasów.

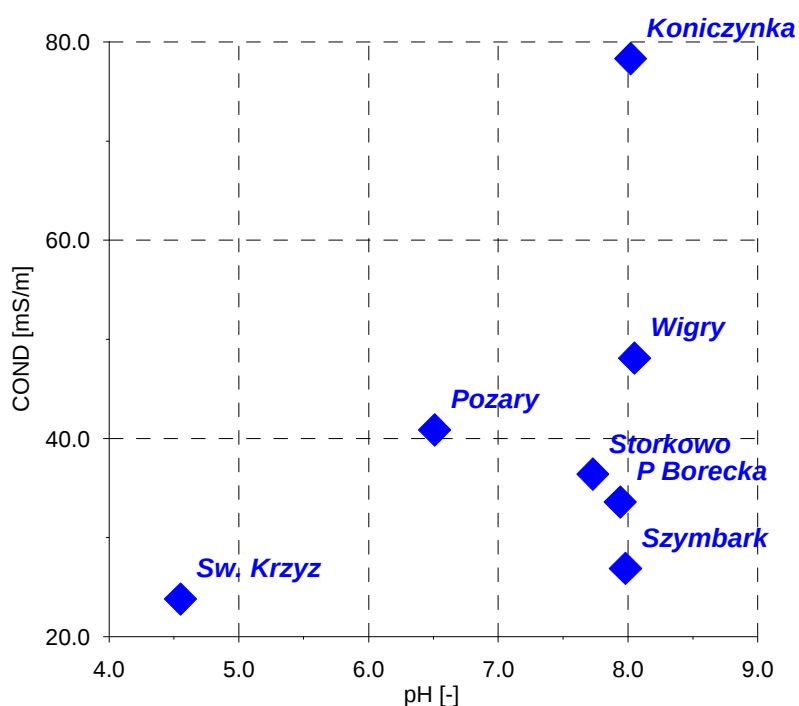
Uzyskane wyniki badań transformacji właściwości fizykochemicznych opadów atmosferycznych w zbiorowiskach leśnych potwierdzają dominującą rolę roślinności w tych procesach. Zwiększona depozycja atmosferyczna pod koronami drzew jest przede wszystkim efektem wychwytywania zanieczyszczeń atmosferycznych przez korony drzew oraz procesy wymywania jonów z komórek roślinnych i wzbogacanie w te składniki wód opadowych. Zwiększony dopływ substancji kwasogennych z opadem atmosferycznym docierający do gleby w zbiorowiskach leśnych odpowiedzialny jest za proces zakwaszania

gleb i wymywania z gleby kationów alkalicznych, których miejsce w kompleksie sorpcyjnym gleby zajmują kwaśne kationy glinu, żelaza oraz jony wodorowe. Procesy te są szczególnie intensywne w przypadku gleb o niewielkich właściwościach buforowych w zakresie kwaśnym.

OBIEG MATERII W SKALI ZLEWNI RZECZNEJ

Monitoring wód powierzchniowych w roku hydrologicznym 2008 prowadzony był na wszystkich stacjach bazowych. Odpływ powierzchniowy jest podstawową drogą odprowadzania substancji rozpuszczonych i zawieszin z obszaru zlewni. Do zasadniczych źródeł substancji obecnych w odpływie powierzchniowym należy zaliczyć: dopływ atmosferyczny, obieg biologiczny, procesy denudacyjne, zasilenie podziemne. W coraz większym stopniu skład chemiczny wód powierzchniowych jest modyfikowany przez działalność człowieka, szczególnie na obszarach zurbanizowanych oraz intensywnie wykorzystywanych rolniczo.

Analiza składu chemicznego wód powierzchniowych monitorowanych w ramach ZMŚP pozwala je zaliczyć do wód prostych: wodorowęglanowo-wapniowo-magnezowych (Czarna Hańcza, odpływ 100 – zlewnia jeziora Łękuk), wodorowęglanowo-wapniowych (Parseta), wodorowęglanowo-wapniowo-siarczanowych (Bystrzanka) oraz siarczanowo-wapniowo-magnezowych (potok C6 na Świętym Krzyżu).

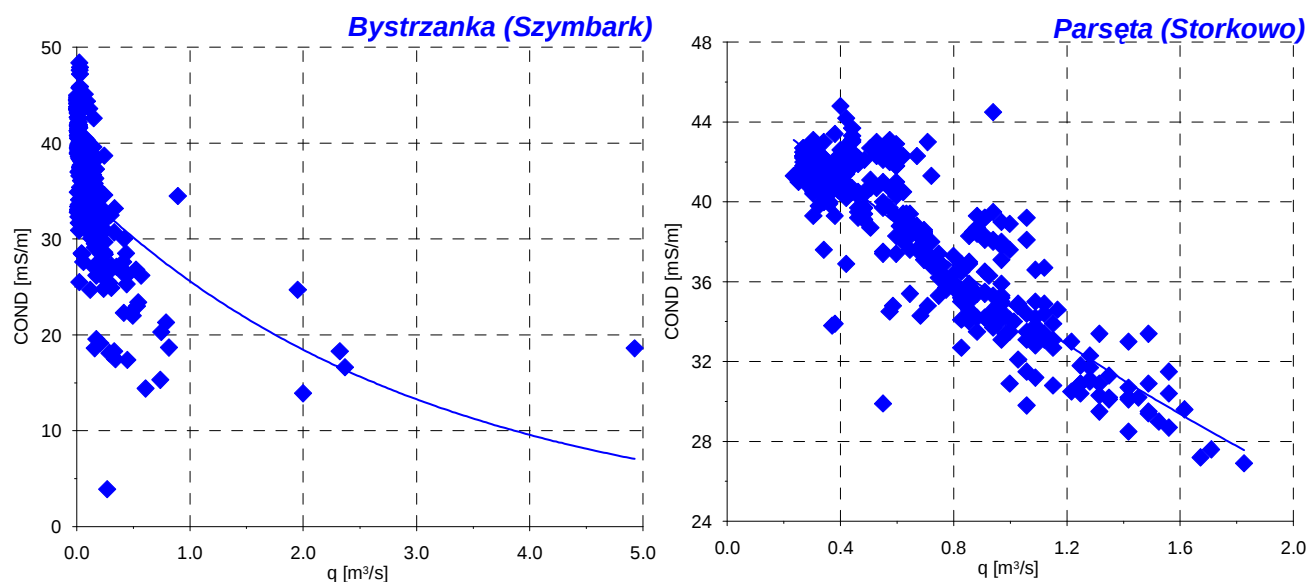


Ryc. 1. Rozkład średnich rocznych wartości pH i przewodności elektrolitycznej (COND) wód rzecznych w roku hydrologicznym 2008.

Analizując wartości średnie roczne pH i przewodności elektrolitycznej wody rzeczne objęte monitoringiem w ramach programu wody powierzchniowe rzeki należą do wód o pH obojętnym lub lekko zasadowym, wysoko zmineralizowanych (ryc. 1). Są one głównie zasilane przez wody podziemne. Wyjątek stanowią wody śródlesnego potoku na Świętym Krzyżu, w przypadku, których zarówno pH jak i przewodność elektrolityczna wskazują na

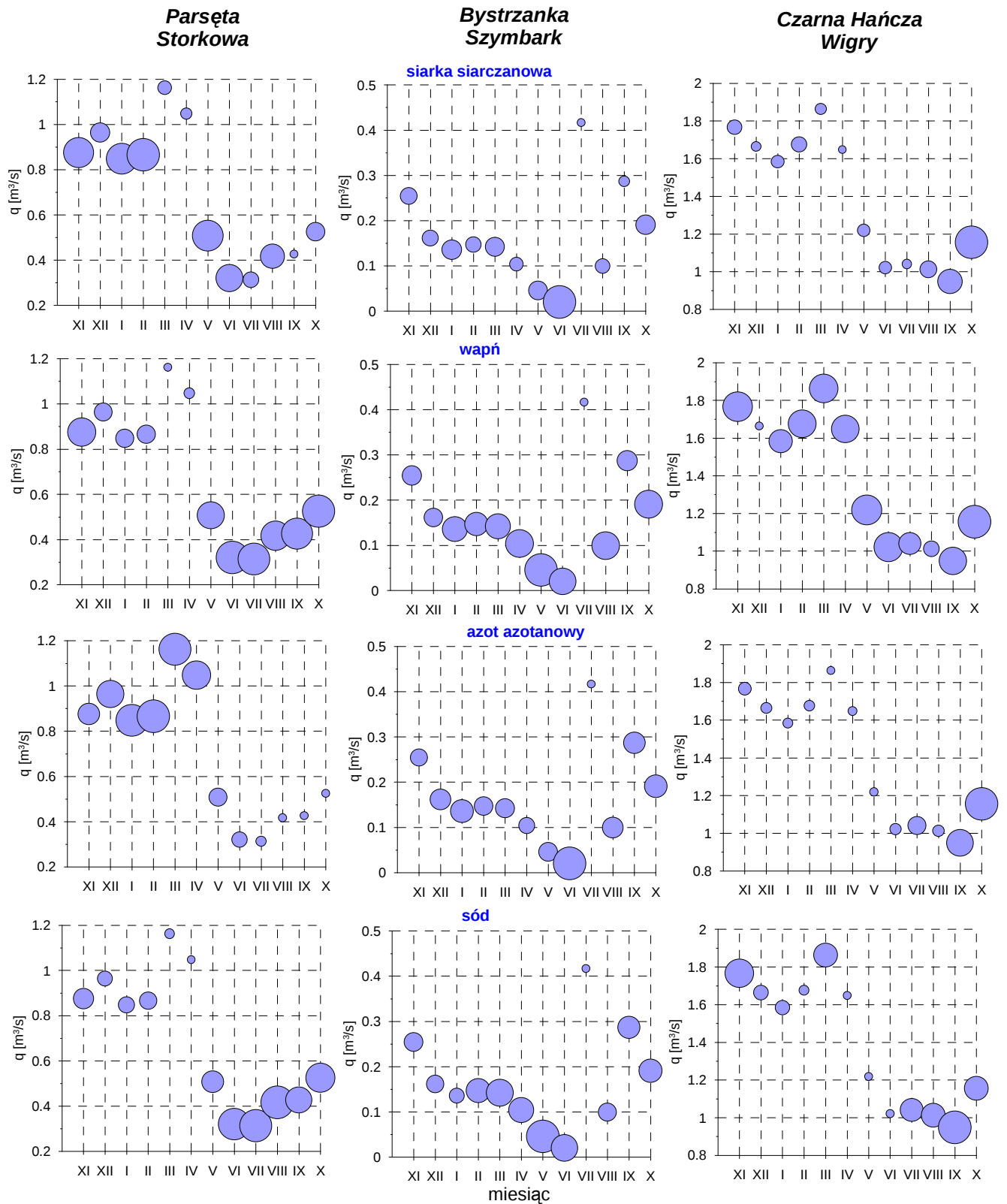
dominancje zasilania opadowego oraz ograniczone właściwości buforowe pokrywy glebowej w stosunku do depozytu atmosferycznego związków kwasogennych.

Sezonowość transportu fluwialnego jest wypadkową źródeł dostawy materiału oraz warunków hydrometeorologicznych. Przebieg przewodności właściwej, która jest wskaźnikiem mineralizacji wód rzecznych, zależy od rozkładu przepływu. Zależność ta ma charakter odwrotnie proporcjonalny (funkcja wykładnicza), najwyższe wartości odnotowano podczas niskich stanów wód. Wysokie stany związane z roztopami pokrywy śnieżnej i wysokimi sumami opadów atmosferycznych przyczyniały się do rozcieńczenia wód rzecznych i tym samym do spadku mineralizacji. Sezonowość transportu fluwialnego jest wypadkową źródeł dostawy materiału oraz warunków hydrometeorologicznych. Zestawienie miesięcznych stężeń wybranych jonów w odpływie rzeczny na tle przepływu wskazuje, że w przypadku tych składników, których obecność w transporcie fluwialnym jest związana z procesami denudacji chemicznej zachodzącymi w zlewni, najwyższe stężenia występują w okresie dominacji zasilania podziemnego, które przypada na okres niskich przepływów w korycie (ryc. 3). Do jonów tych należy zaliczyć: wodorowęglany, wapń, sód, potas. Należy jednak zaznaczyć, że zależność przepływ – stężenie danego jonu mają niewielką moc wyjaśniającą, wskazując tym samym na obecność innych procesów, które mają wpływ na zmiany sezonowe stężeń jonów w odpływie rzeczny. Do czynników procesów tych należy zaliczyć przede wszystkim oddziaływanie człowieka.



Ryc. 2. Zależność przewodności elektrolitycznej (COND) od przepływu (q) dla Bystrzanki i Parsęty w roku hydrologicznym 2008, wartości dobowe.

Analiza struktury ładunku, który zostaje odprowadzony poza obszar badanych zlewni rzecznych, potwierdza, że największy udział w materiale rozpuszczonym mają wodorowęglany oraz jony wapniowe (ryc. 4). Udział tych elementów w spływie jonowym zależy od intensywności procesów wietrzenia chemicznego i oprowadzania jego produktów poza geoekosystem. Znaczenie w odprowadzanym ładunku składników pozadenudacyjnych (azotanów, jonów amonowych, fosforanów, chlorków) jest zdecydowanie mniejsze. Odmienne przedstawia się struktura transportu fluwialnego w zlewni badawczej położonej na północnym Łysej Góry (stacja Św. Krzyż). W przypadku tej stacji obserwuje się wysoki udział siarczanów, chlorków w ładunku odprowadzanym przez wody rzeczne. Obecność tych składników w transporcie fluwialnym jest związana z depozycją atmosferyczną oraz zanieczyszczeniami pochodzenia rolniczego (siarczany).

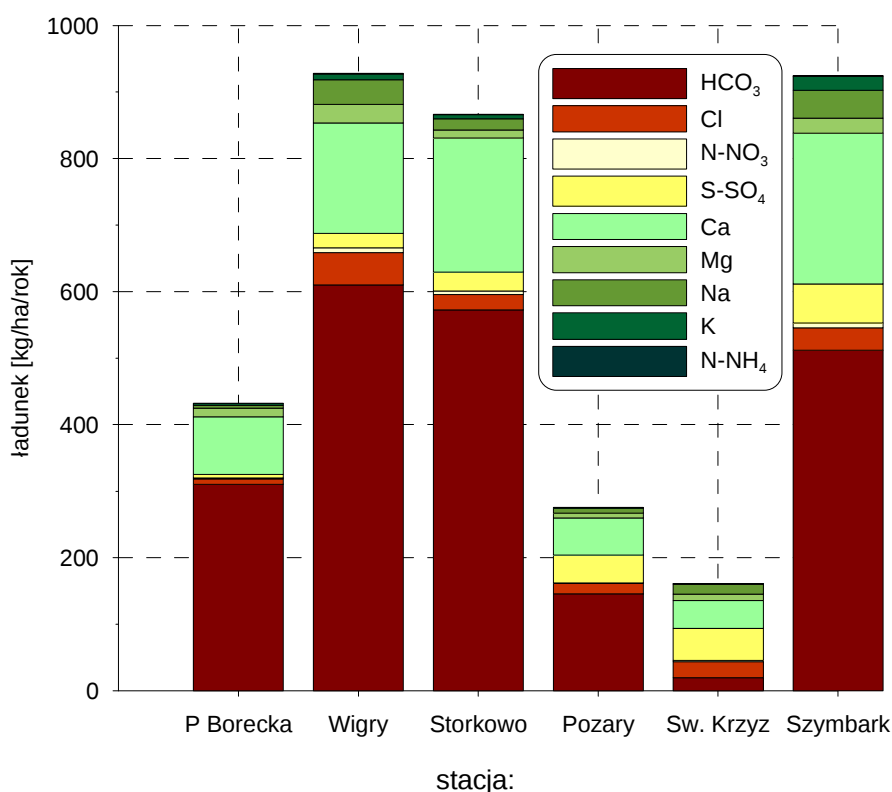


Ryc. 3. Rozkład miesięcznych stężeń wybranych jonów w odpływie powierzchniowym na tle przepływu w roku hydrologicznym 2008.

wielkość symbolu zależy od wartości stężenia

Tabela 1. Wybrane wartości odpływu, odczynu, przewodności elektrolitycznej oraz stężeń jonów w odpływie rzeczny.

stacja	rzeka	odpływ	statystyka	przewodność	pH	S-SO ₄	N-NO ₃	Cl	HCO ₃	N-NH ₄	K	Na	Ca	Mg
		mm		mS/m	-	mg/dm ³								
P Borecka	Odpływ 100 z j. Łękuk	145	średnia	33.60	7.94	3.95	0.72	5.66	213.50	0.01	1.81	3.02	59.18	8.97
			min	28,60	7,43	2,83	0,16	4,74	195,2	0,00	1,62	2,80	57,00	8,54
			max	43,70	8,43	4,73	1,29	7,17	225,7	0,04	2,04	3,21	61,70	9,38
Wigry (Sobolewo)	Czarna Hańcza	220	średnia	48.12	8.05	9.94	3.25	21.99	277.18	0.25	4.12	16.86	75.32	12.71
			min	43.30	8.00	5.98	1.54	12.40	245.80	0.09	3.07	11.80	62.10	10.90
			max	55.40	8.20	21.50	9.69	73.50	311.60	0.53	5.60	24.20	81.00	14.20
Storkowo	Parsęta	293	średnia	36.40	7.73	9.65	1.82	7.86	195.25	0.21	2.22	5.57	68.78	4.14
			min	31.46	7.77	8.84	1.08	6.81	161.40	0.09	2.07	5.05	58.63	3.48
			max	41.99	8.00	10.28	2.28	8.42	240.12	0.39	2.53	6.23	77.61	4.98
Koniczynka	Struga Toruńska	53	średnia	78.31	8.02				bd					
			min	62.60	7.80	12.73	2.28	25.80	bd	0.04	7.80	15.28	99.94	16.28
			max	90.60	8.20	33.40	9.61	47.70	bd	0.34	10.12	22.34	192.00	20.46
Pożary	Kanał Olszowiecki	70	średnia	40.86	6.51	59.90	0.17	22.44	207.61	0.83	0.94	10.06	79.10	10.87
			min	35.00	6.86	35.50	0.01	17.50	116.11	0.63	0.50	4.20	52.60	8.50
			max	60.00	7.62	90.00	0.61	27.80	319.31	5.10	1.60	22.90	101.90	19.70
Św. Krzyż (C6)	Leśny Potok	172	średnia	23.81	4.55	28.03	1.20	13.95	11.44	0.03	0.70	8.80	24.15	5.45
			min	19.24	4.12	16.24	0.31	7.03	6.10	0.00	0.40	7.00	16.20	0.70
			max	32.64	5.65	38.34	2.18	18.20	18.30	0.09	1.20	10.50	37.50	14.90
Szymbark	Bystrzanka	407	średnia	26.90	7.98	14.45	1.80	8.30	125.90	0.16	5.20	10.30	55.70	5.60
			min	17.96	7.57	10.08	1.16	6.85	78.85	0.06	4.13	6.08	41.26	3.37
			max	36.08	8.85	26.53	2.79	9.98	197.62	0.79	8.72	15.71	70.57	7.29

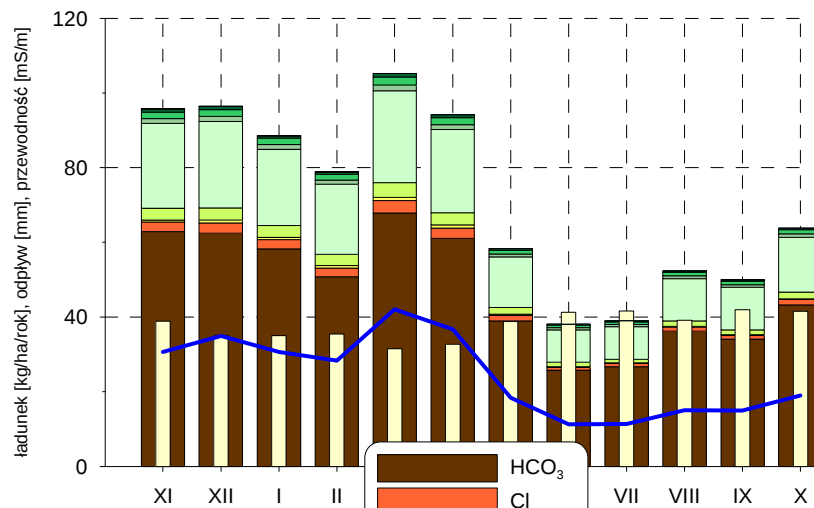


Ryc. 4. Struktura rocznego ładunku substancji rozpuszczonych w odpływie rzecznym w roku hydrologicznym 2008.

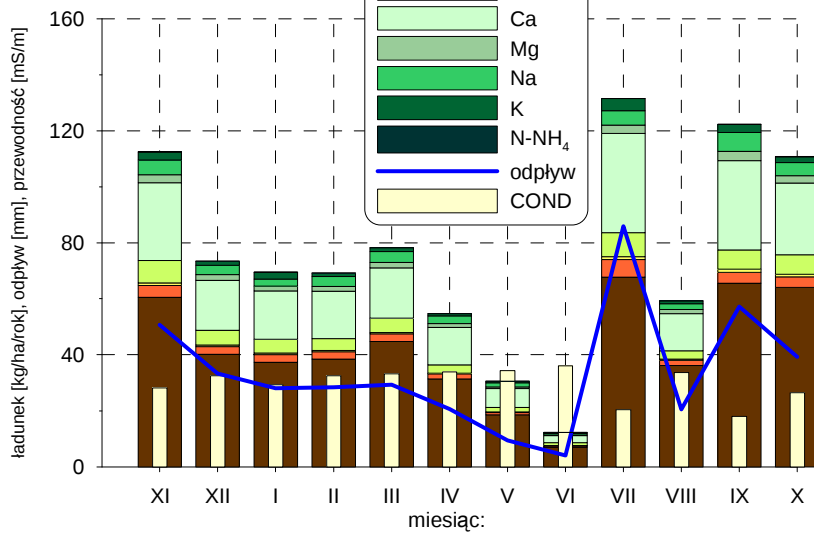
Zmienność czasowa odprowadzanego ładunku poprzez odpływ korytowy uwarunkowana jest przede wszystkim warunkami hydrometeorologicznymi (ryc. 5). Największy ładunek odprowadzany był w okresie występowania wezbrań, zwłaszcza o charakterze roztopowym. W skali całego roku hydrologicznego dla większości stacji w strukturze odprowadzanego ładunku dominują wodorowęglany oraz jony wapniowe, natomiast dla stacji Święty Krzyż siarczany, chlorki oraz jony wapniowe i sodowe.

Udział biogenów w odpływie rzecznym jest zdecydowanie mniejszy w porównaniu do substancji, których pochodzenie jest efektem działających w zlewni procesów denudacyjnych. Obecność biogenów w spływie jonowym jest skorelowana czasowo z okresami występowania wysokich stanów w korytach rzecznych. Wówczas to odprowadzanego ładunku włączane są intensywnie związki biogenne, których pochodzenie związane jest z prowadzoną na obszarze zlewni działalnością rolniczą i zanieczyszczeniami bytowymi. O wielkości ładunku biogenów w transporcie fluwialnym decydują również procesy akumulacji tych związków w biomasie oraz procesy biogeochemiczne zachodzące w strefie przykorytowej.

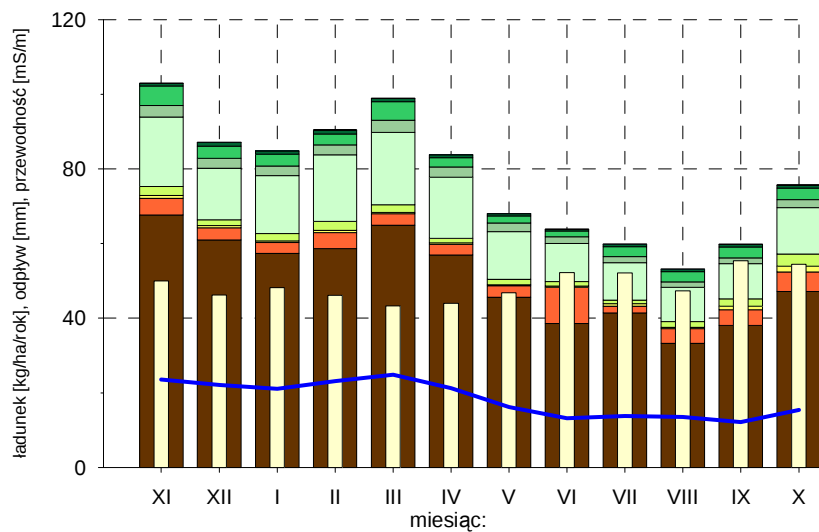
Parsęta (Storkowo)



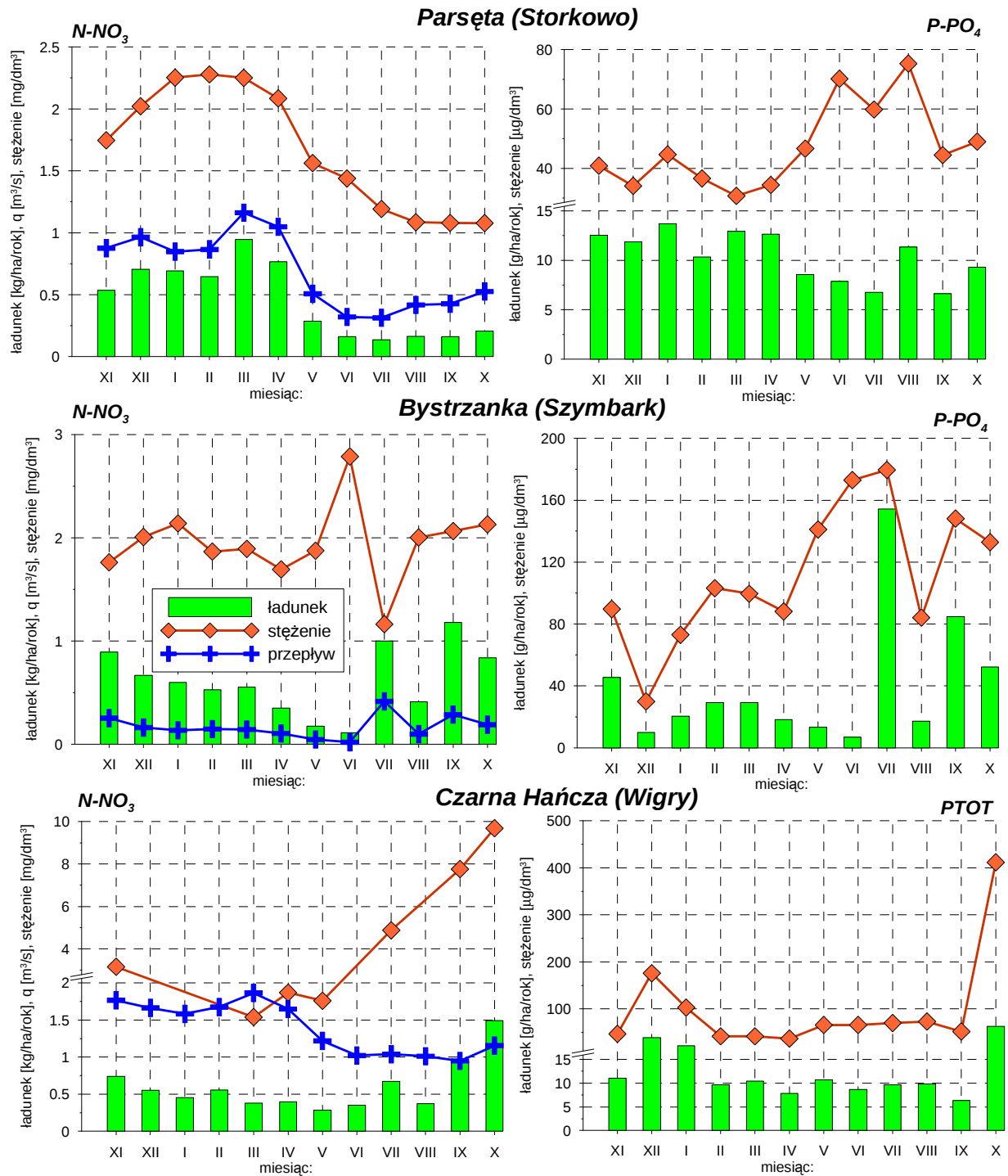
Bystrzanka (Szymbark)



Czarna Hańcza (Wigry)



Ryc. 5. Miesięczny rozkład substancji rozpuszczonych w odpływie rzeczny na tle odpływu i przewodności elektrolitycznej w roku hydrologicznym 2008.



Ryc. 6. Rozkład ładunku azotu azotanowego i fosforu fosforanowego na tle stężeń tych pierwiastków i przepływu w roku hydrologicznym 2008. Dla Czarnej Hańczy zamieszczono stężenia i ładunki fosforu całkowitego (PTOT).

Tabela 2. Klasyfikacja wybranych wskaźników jakości wód powierzchniowych (rzek) w roku hydrologicznym 2008.

rzeka	COND	pH	Cl	NO ₃	SO ₄	NH ₄	Ca	Mg
	mS/m	-	mg/dm ³					
Parsęta	41.6	7.77-8.00	8.3	10.0	30.5	0.3	77.3	5.0
Bystrzanka	34.3	7.57-8.85	9.6	9.5	53.6	0.5	65.0	7.1
Czarna Hańcza (Sobolewo)	54.2	8.00-8.20	34.5	33.1	47.5	0.6	79.0	13.8
Struga Toruńska (Koniczynka)	85.0	7.80-8.20	45.1	40.1	97.2	0.3	164.4	20.1
Kanał Olszowiecki	60.0	6.86-7.86	27.8	2.7	269.6	6.6	101.9	19.7
Święty Krzyż (C6)	32.6	<5.50	18.2	9.7	114.9	0.1	37.5	14.9
Odpływ nr 100 z jez Łękek	40.3	7.70-8.10	7.2	5.7	14.2	0.1	61.7	9.4
rzeka	Fe	Mn	Al	O ₂	BZT5	PO ₄	PTOT	
	µg/dm ³			mgO ₂ /dm ³				
Parsęta	443.4	121.3	BD	11.6	3.3	212.1	102.4	
Bystrzanka	BD	BD	BD	BD	3.2	522.8	BD	
Czarna Hańcza (Sobolewo)	BD	BD	BD	13.6	3.5	BD	168.7	
Struga Toruńska (Koniczynka)	BD	BD	BD	11.5	4.4	BD	107.3	
Kanał Olszowiecki	BD	BD	BD	8.6	13.2	BD	561.0	
Święty Krzyż (C6)	704.0	701.0	1610.0	15.1	BD	18.9	55.5	
Odpływ nr 100 z jez Łękek	302.0	815.0		BD	BD	303.6	104.0	

I klasa
II klasa
III klasa
IV klasa
V klasa
 BD – brak danych

Ocenę stężeń wybranych elementów składu chemicznego wód powierzchniowych przeprowadzono w oparciu o *Rozporządzenie Ministra Środowiska z dn. 11 lutego 2004r. (Dz. U. 04.32.284-Klasyfikacja dla prezentowania stanu wód powierzchniowych i podziemnych, sposobu prowadzenia monitoringu oraz sposobu interpretacji wyników i prezentacji stanu tych wód)*. Zasadniczym zagrożeniem dla badanych geosystemów są zanieczyszczenia pochodzenia rolniczego i bytowego. Dotyczy to przede wszystkim stężeń związków biogennych – azotanów, fosforanów (lub fosforu całkowitego) oraz jonów amonowych. W przypadku azotanów uzyskane wartości perycentyla 90 stężeń miesięcznych (lub wartości maksymalnego stężenia w sytuacji niepełnych danych) pozwoliły zaklasyfikować badane wody do II klasy czystości (Parsęta, Bystrzanka, odpływ nr 100 z jeziora Łękuk oraz ciek zlewni I rzędu na stoku Łysej Góry). Do III klasy czystości zaklasyfikowano Czarna Hańczę (punkt wodowskazowy Sobolewo) oraz Strugę Toruńską (punkt wodowskazowy Konieczynka). Pod względem obecności fosforanów (lub fosforu całkowitego) badane cieki zaliczono do II i III klasy czystości (tab. 3). Wśród grupy związków chemicznych reprezentujących wskaźniki zasolenia najgorsza sytuacja występuje w przypadku zawartości siarczanów oraz wapnia. Zawartość siarczanów w odpływie rzeczny kształtowała się na poziomie charakterystycznym dla I klasy w przypadku Parsęty, Czarna Hańcza, odpływu z jeziora Łękuk oraz Bystrzanki, natomiast dla Kanału Olszowieckiego (Pożary) oraz zlewni rolniczo leśnej na stoku Łysej Góry wartości stężeń siarczanów są odpowiednio typowe dla III i II klasy czystości. W przypadku wód powierzchniowych badanych w zlewni położonej na stoku Łysej Góry poważnym zagrożeniem są procesy zakwaszania związane zarówno z depozycją atmosferyczną substancji kwasogennych oraz ograniczonymi właściwościami buforowymi pokrywy glebowej. Efektem jest silne zakwaszenie wód potoku oraz bardzo wysokie stężenia glinu i manganu. Wartości pH oraz stężenia glinu mieszczą się w najgorszej V klasie jakości wody, natomiast stężenia manganu IV klasie.

Biochemiczne zapotrzebowanie tlenowe (BZT₅), które określa ilość tlenu wymaganą do utlenienia związków organicznych, w badanych rzekach plasowało się w III klasie czystości (Parsęta, Czarna Hańcza, Struga Toruńska, Bystrzanka). Tylko w przypadku Kanału Olszowieckiego wartość BZT₅ osiągnęła poziom charakterystyczny dla klasy V.

BIOINDYKACJA

W ramach programu ZMŚP prowadzony jest monitoring wykorzystujący organizmy żywe, jako wskaźnik zmian zachodzących w środowisku przyrodniczym. Do programów tych należy zaliczyć: zawartość metali ciężkich i siarki w porostach, zdrowotność plech porostów oraz fauna epigeiczna. W programach tych wykorzystuje się bioindykatory, które cechują się szybką reakcją w odpowiedzi na pogorszenie się warunków siedliskowych, w tym wzrost stężeń substancji toksycznych, zmianę stosunków termicznych i wilgotnościowych. W wielu przypadkach obserwowany spadek populacji wybranych gatunków fauny epigeicznej czy degradacja plech porostów jest związany ze zmianami w strukturze użytkowania ziemi na obszarach monitorowanych zlewni rzecznych.

W roku hydrologicznym 2008 na wszystkich stacjach bazowych realizowano monitoring zdrowotności plech porostów. Celem tego programu jest obserwacja zmian zachodzących w środowisku pod wpływem różnych czynników naturalnych i antropogenicznych, z wykorzystaniem tych organizmów, jako biowskaźników. Porosty są bardzo czułymi wskaźnikami przekształceń siedliska, a ich reakcje są stosunkowo szybkie i jednoznaczne (Fałtynowicz 1995).

Na terenie zlewni jeziora Łęku monitoring porostów prowadzona w roku 2008 na 9 stanowiskach pomiarowych. Liczba gatunków na poszczególnych stanowiskach wahała się od jednego do sześciu. Najczęściej odnotowanym gatunkiem była tarczownica bruzdkowana (*Parmelia sulcata*), która wystąpiła na sześciu stanowiskach (67% wystąpień), najrzadziej obserwowano mąklę tarniową (*Evernia prunastri*) oraz odnożyce mączastą (*Ramalina farinacea*) (Śnieżek red, 2008). Na żadnym stanowisku nie stwierdzono obecności mąklika otrębiastego, którego okazy występowały jeszcze w latach 2001 i 2005.

Pod względem zajmowanej powierzchni dominującymi porostami są otwornica gorzka (*Petrusaria Amara*) i tarczownica bruzdkowana (*Palmeria sulcata*). Mniejszą powierzchnię zajmował kolejny gatunek rozsypek srebrzysty (*Phlyctis argena*).

Zestawiając wartości powierzchni zajmowanej przez poszczególne gatunki dla dostępnych serii badawczych zaznacza się wzrost ekspansji gatunków takich jak *Petrusaria Amara*, *Parmelia sulcata* oraz *Phlyctis argena*. Są to gatunki o plechach skorupiastych, a więc najbardziej odpornych na zanieczyszczenia powietrza. Do gatunków, których powierzchnia uległa redukcji należy zaliczyć przylepkę okopconą (*Melanelia fuliginosa*), mąklę tarniową (*Evernia prunastri*) i odnożyce mączastą (*Ramalina farinacea*). Ostatnie dwa gatunki należą do porostów krzaczkowatych, które charakteryzują się zdecydowanie mniejszą odpornością na zanieczyszczenia obecne w powietrzu. Są to również gatunki o małej odporności na uszkodzenia mechaniczne.

Tabela 1. Gatunki porostów monitorowane na stacjach ZMŚP.

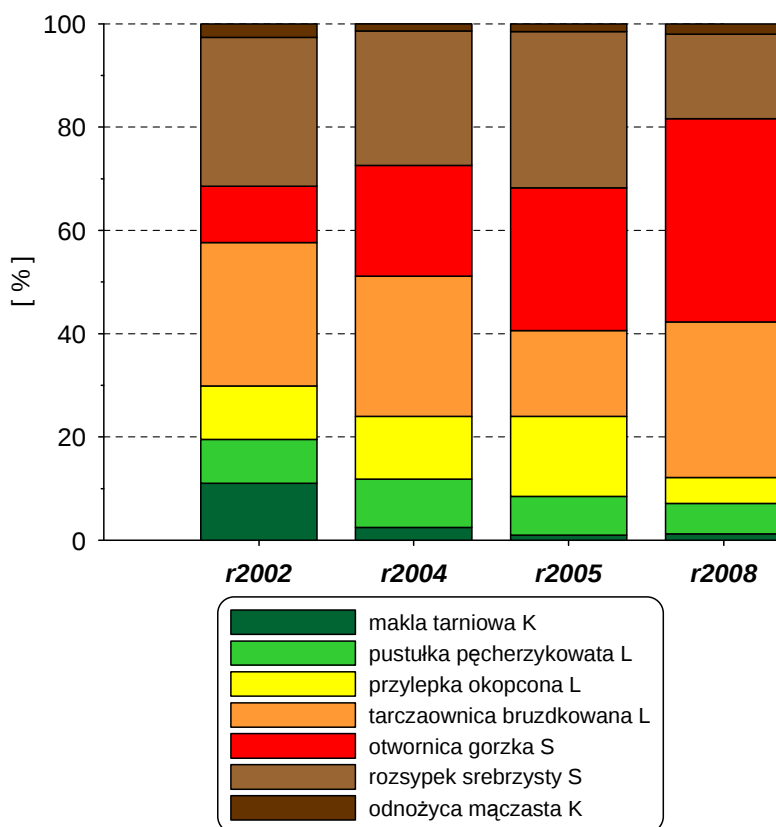
nazwa polska	nazwa łacińska	stacja					
		Puszcza Borecka	Wigry	Storkowo	Koniczynka	Požary	Św. Krzyż
włostka brązowa (K)	<i>Bryoria fuscescens</i>		+				
mąkla tarniowa (K)	<i>Evernia prunastri</i>	+	+	+	+	+	
pustułka pęcherzykowata (L)	<i>Hypogymnia physodes</i>	+	+	+	+	+	+
przysrumycznik pustułkowy (L)	<i>Hypotrachyna revoluta</i>		+				
przylepka okopcona (L)	<i>Melanelia fuliginosa</i>	+	+	+			
tarczownica bruzdkowana (L)	<i>Parmelia sulcata</i>	+	+	+	+	+	
otwornica gorzka (S)	<i>Pertusaria amara</i>	+	+	+			
rozsypek srebrzysty (S)	<i>Phlyctis argena</i>	+	+	+			
płucnik modry (L)	<i>Platismatia glauca</i>		+				
mąklik otrębiasty (K)	<i>Pseudevernia furfuracea</i>	+	+	+		+	
odnożyca mączysta (K)	<i>Ramalina farinacea</i>	+	+	+			
brodaczkę kępkowa (K)	<i>Usnea hirta</i>		+				
tarczownica pogięta (L)	<i>Parmelia submontana</i>			+			

forma morfologiczna:

S – plecha skorupiasta

L – plecha listkowata,

K – plecha krzaczkowata

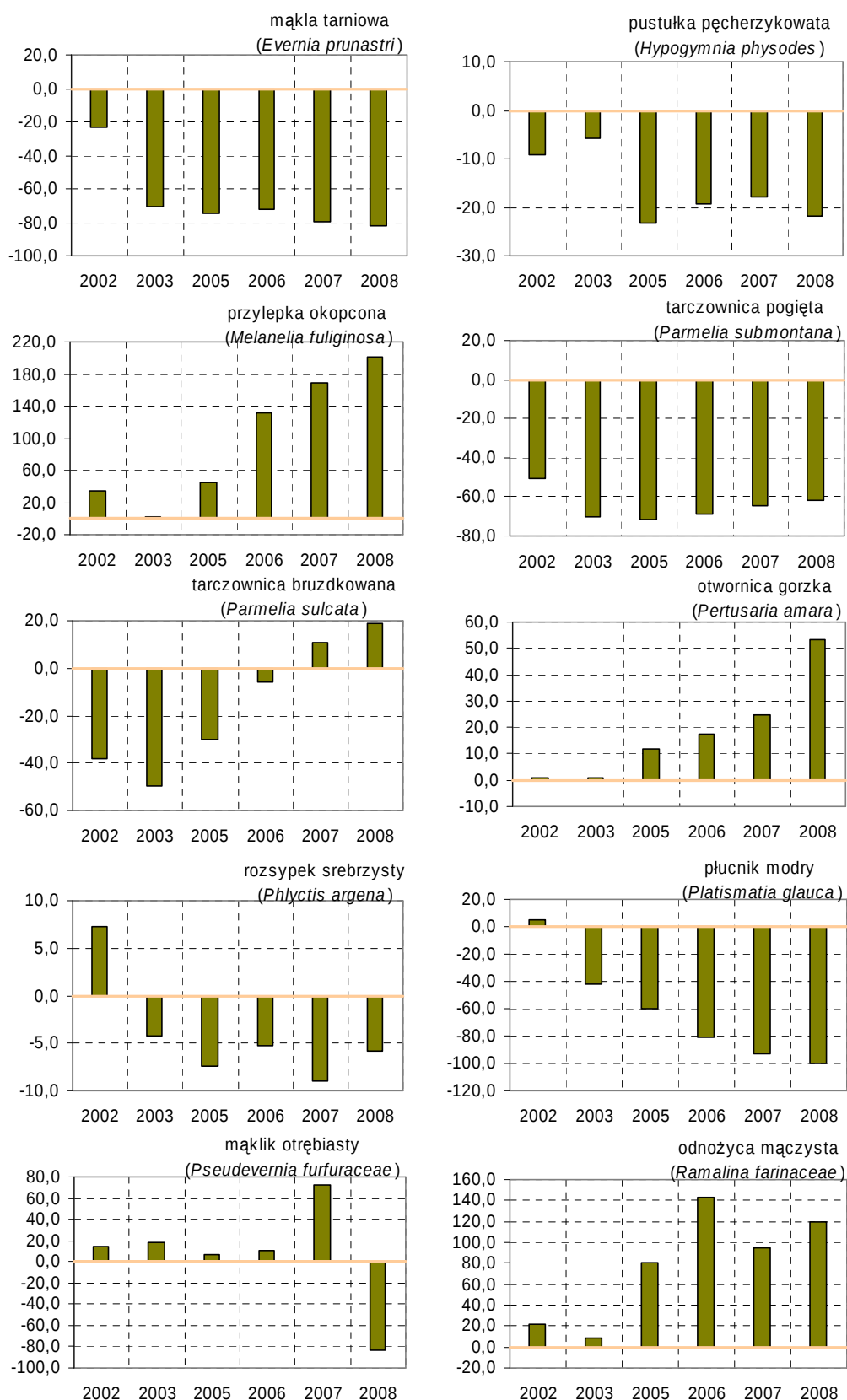


Ryc. 1. Procentowy udział powierzchni plech monitorowanych gatunków porostów w roku 2002, 2004, 2005 i 2008. Stacja Puszcza Borecka
K- porost krzaczkowy, L – listkowy, S – skorupiasty

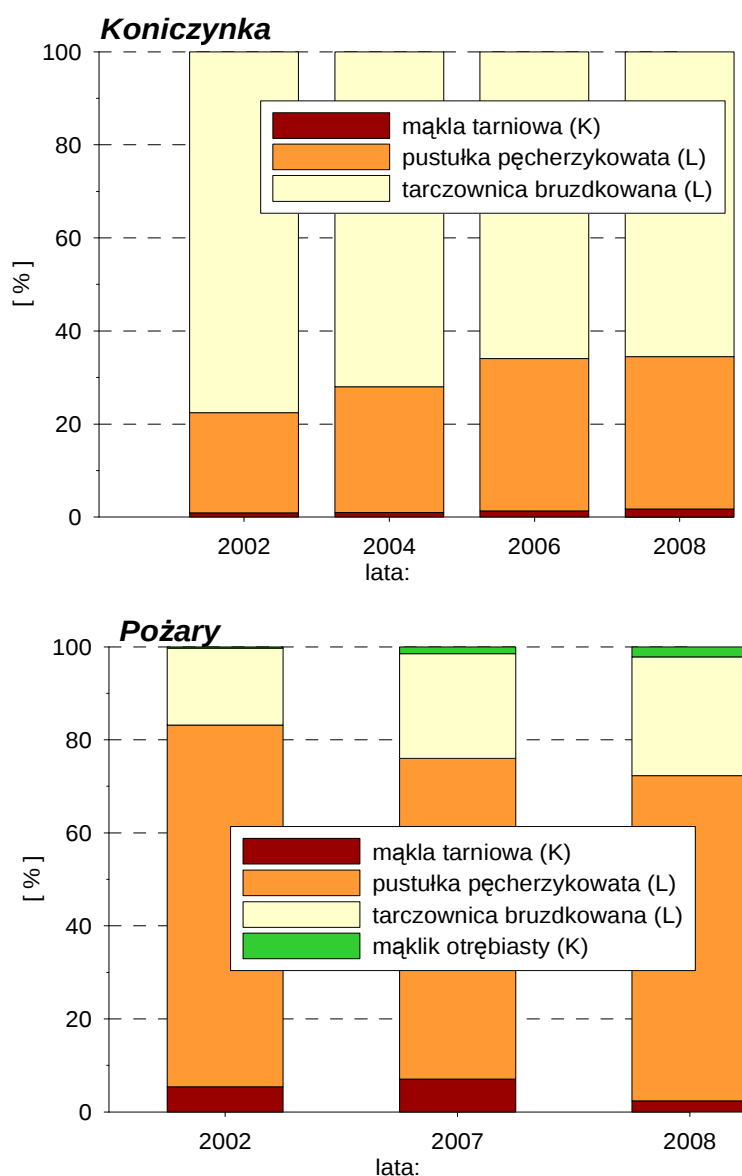
Na terenie zlewni górnej Parsęty (Storkowo) monitoring porostów realizowano na 8 powierzchni badawczych, na których badaniami objęto 10 gatunków porostów.

Uzyskane wyniki potwierdzają wzrost powierzchni plech porostu otwornica gorzka (*Pertusaria Amara*). Wzrosła również powierzchnia plech przylepki okopconej (*Melanelia fuliginosa*) i tarczownicy bruzdkowanej (*Parmelia sulcata*), podobny trend odnotowano dla tarczownicy pogiętej (*Parmelia submontana*). Zmniejszenie powierzchni zajmowanej przez plechy zaobserwowano dla mąkli tarniowej i mąklika otrębiastego, które to gatunki są przedstawicielami porostów krzaczkowych. Z drugiej strony odnotowano wzrost powierzchni innego porostu o plesze krzaczkowej odnożycy mączastej. Z obszaru badań w roku 2008 ustąpił płucnik modry (*Platismatia glauca*).

Powolny wzrost powierzchni zajmowanej przez porosty zaznaczył się na terenie zlewni Strugi Toruńskiej (Koniczynka). Największe zmiany dotyczyły mąkli tarniowej, której powierzchnia od roku 2002 wzrosła ponad trzykrotnie (Kejna 2008). Wzrost powierzchni odnotowano również dla pustulki pęcherzykowej. Najmniejsze przyrosty zaznaczyły się dla tarczownicy bruzdkowanej.



Ryc. 2. Zmiany powierzchni plech porostów na wszystkich stanowiskach monitoringowych w latach 2002 – 2008 (wartości wyrażone w % w stosunku do stanu zerowego – pierwszy rok obserwacji wartość 0%). Domańska (2008).



Ryc. 3. Procentowy udział powierzchni plech monitorowanych gatunków porostów w roku 2002, 2004, 2005 i 2008. Stacja Koniczynka i Pożary.

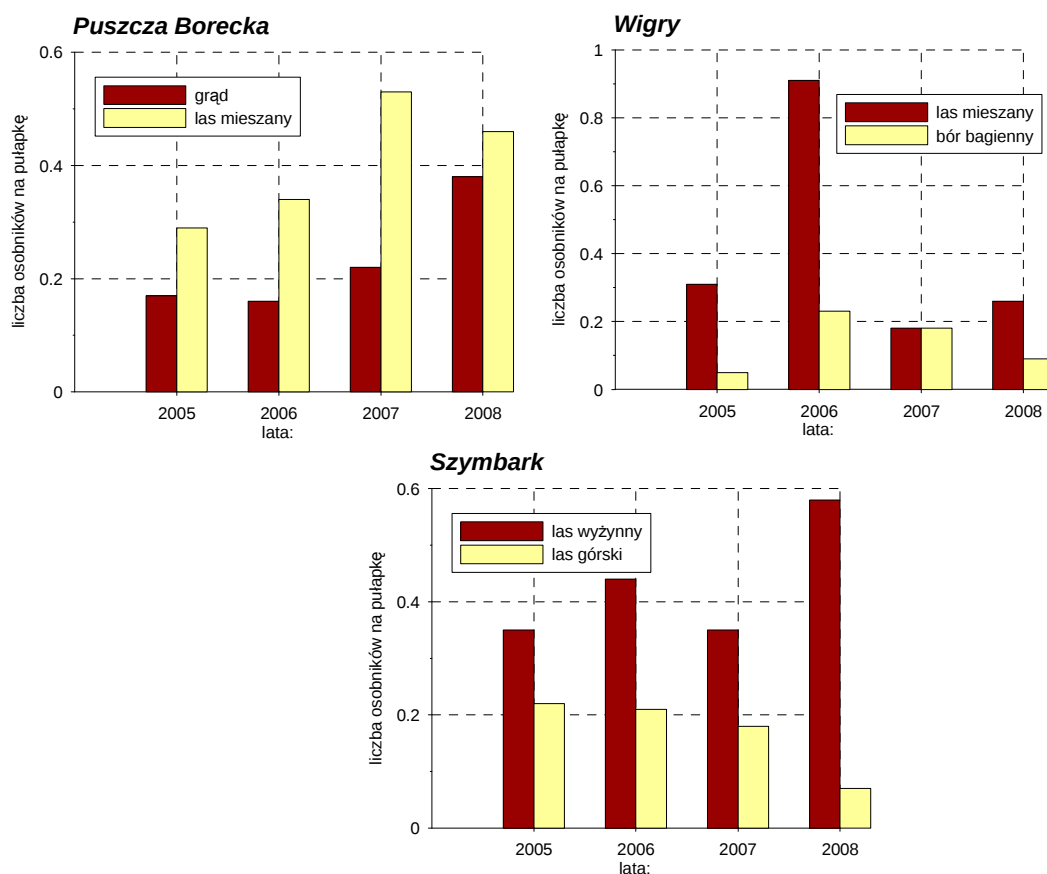
K- porost krzaczkowy, L – listkowy, S – skorupiasty

Na obszarze stacji Pożary monitoringiem objęto 4 gatunki porostów: pustulkę pęcherzykowatą, mąklę tarniową, mąklik otrębiasty oraz tarczownicę bruzdkowaną. Obserwacje prowadzono na 10 stanowiskach pomiarowych.

Zarówno w przypadku stacji Koniczynka i Pożary odnotowano wzrost udziału powierzchni porostów o plesze krzaczkowej, co wskazywałoby na polepszenie warunków siedliskowych, w tym spadek zawartości zanieczyszczeń w powietrzu. Wzrost powierzchni zajmowanej przez porosty potwierdzają również obserwacje prowadzone na Świętym Krzyżu. Badania prowadzone są od roku 2004 na siedmiu stanowiskach pomiarowych. Monitoringiem objęto pustulkę pęcherzykowatą. Wzrost powierzchni tego gatunku odnotowano na wszystkich stanowiskach pomiarowych.

Podstawowym celem programu fauna epigeiczna jest wykorzystanie bezkręgowców jako bioindykatorów zmian zachodzących w środowisku przyrodniczym. Bogactwo gatunków, różnorodność związków i zależności łączących je z innymi organizmami, a także obecność we wszystkich typach środowiska lądowego pozwala wykorzystać bezkręgowce jako wskaźniki zmian zachodzących w badanych geosystemach. Monitoring chrząszczy z rodziny biegaczowatych *Carabidea* na stacjach rozpoczęto w roku 2004.

Na obszarze stacji Puszcza Borecka odłów biegaczowatych prowadzono na 6 powierzchniach testowych: 3 położonych w grądzie oraz 3 w lesie mieszanym. W roku 2008 w grądzie odłowiono 855 osobników należących do 17 gatunków, natomiast w lesie mieszanym 1029 egzemplarzy, które zaklasyfikowano do 15 gatunków. Dla siedliska lasu mieszanego jest to największa liczba gatunków, którą odłowiono od początku prowadzenia badań, natomiast dla grądu wartość ta jest mniejsza niż w roku 2004 (21) ale większa w porównaniu do lat poprzedzających rok 2008.

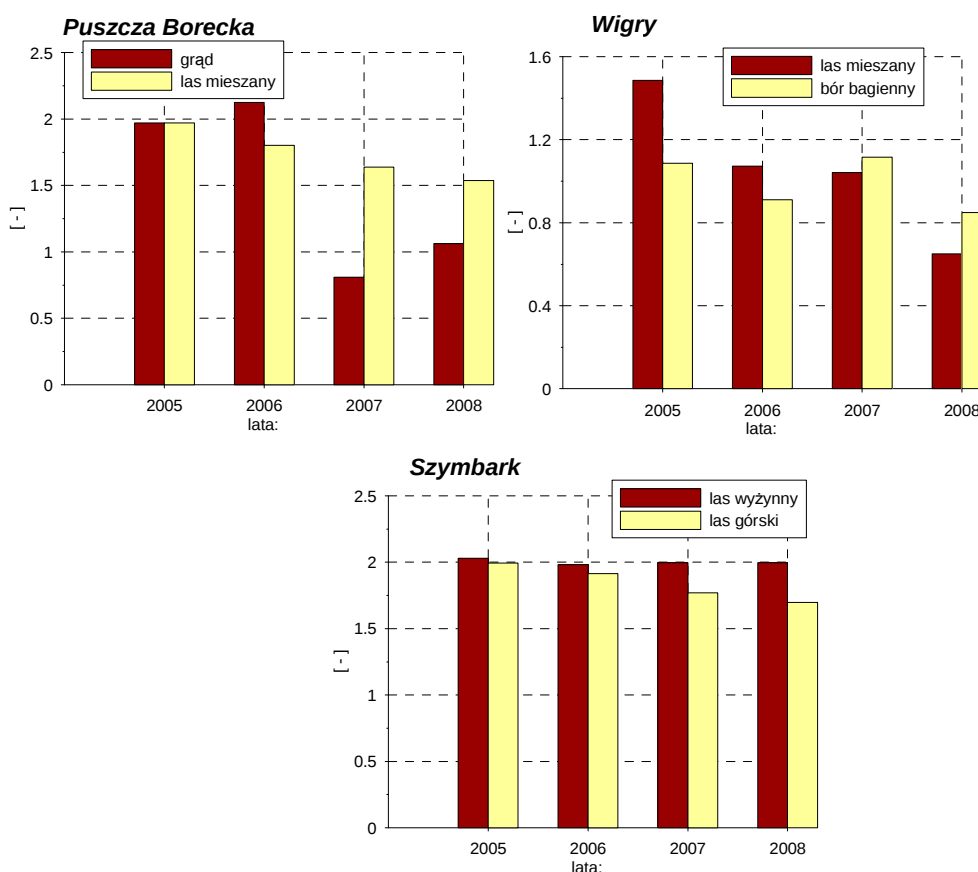


Ryc. 4. Rozkład wskaźnika łowności dla wybranych siedlisk leśnych.

Pod względem struktury troficznej w grądzie dominowały duże zoofagi, które stanowiły 67,0% wszystkich osobników. Udział małych zoofagów kształtował się na poziomie 32,7%, natomiast hemizoofagi stanowiły 0,2% wszystkich odłowionych osobników. W siedlisku lasu mieszanego odpowiednie proporcje wyniosły: 73,3% dla dużych zoofagów, 26,6% dla małych zoofagów i 0,1% dla hemizofagów.

W zlewni Czarnej Hańczy monitoring fauny epigeicznej prowadzono w dwóch siedliskach: w borze bagiennym i lesie mieszanym. W borze bagiennym w roku hydrologicznym 2008 odłowiono 200 chrząszczy należących do 6 gatunków. W grupie odłowionych chrząszczy zabrakło gatunku *Carbus hortensis*, który w poprzednim okresie należał do grupy dominantów (Krzysztofiak i In. 2008). W strukturze troficznej zdecydowanie przeważały duże zoofagi, które stanowiły 99,5% wszystkich osobników. Ponadto występowały małe zoofagi, które stanowiły 0,5% odłowionej populacji. Wskaźnik różnorodności Shannona-Weinera wyniósł 0,850.

W lesie mieszanym odłowiono łącznie 576 chrząszczy, zaklasyfikowanych do siedmiu gatunków. W porównaniu do poprzedniego roku w zebranych materiale nie stwierdzono 5 gatunków: *Carbus granulatu*, *C. cancellatus*, *Cychrys caraboides*, *Pterostichus strennus* oraz *Harpalus latus*, natomiast pojawił się jeden gatunek *Nebria brevicollis* (Krzysztofiak i In. 2008). W strukturze troficznej dominowały duże zoofagi (98,3%), małe zoofagi stanowiły 1,7% odłowionych osobników. Wskaźnik różnorodności Shannona-Wienera wyniósł 0,565.



Ryc. 5. Rozkład wskaźnika różnorodności Shanonna-Wienera dla badanych siedlisk leśnych.

Na terenie zlewni Bystrzanki monitoring fauny epigeicznej prowadzono w dwóch typach siedliskowych lasu: lesie wyżynnym i górskim. W roku 2008 w lesie wyżynnym

odłowiono 1317 egzemplarzy chrząszczy należących do 14 gatunków, natomiast w lesie górskim 155 osobników, reprezentujących 8 gatunków.

Tabela 2. Gatunki biegaczowatych monitorowane na poszczególnych stacjach.

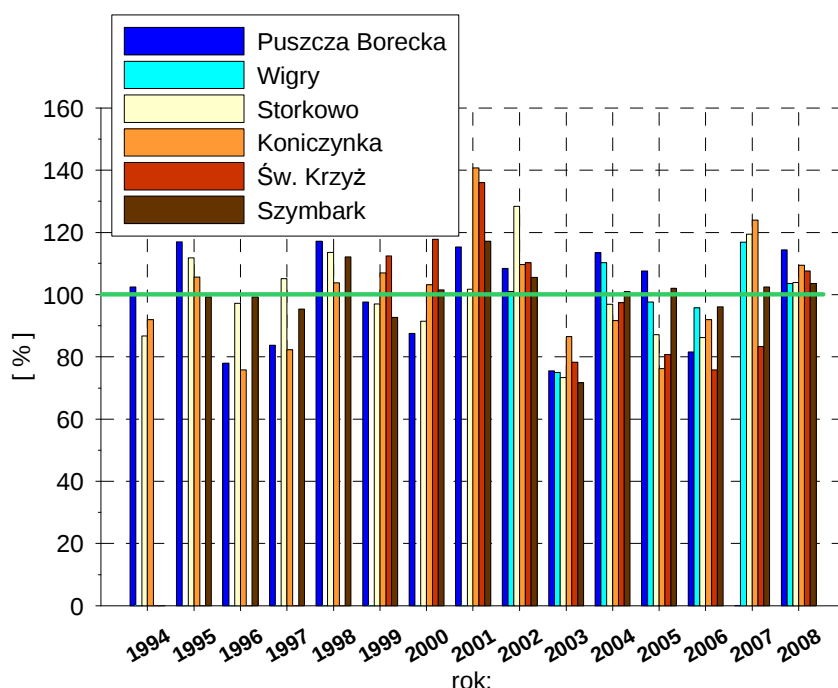
Nr katalogowy (kod)	Gatunek	Puszcza Borecka	Wigry	Storkowo	Szymbark
13	<i>Carabus coriaceus</i> L.	+		+	+
17	<i>C. violaceus</i> L.	+	+	+	+
20	<i>C. auronitens</i> Fabr.				+
26	<i>C. granulatus</i> (L.)	+			
28	<i>C. cancellatus</i> Ill.		+		+
35	<i>C. nemoralis</i> O.F. Müll.	+	+	+	
36	<i>C. hortensis</i> L.	+	+	+	+
40	<i>C. linnaei</i> Duft.			+	+
42	<i>Cychrus caraboides</i> (L.)	+	+		+
48	<i>Leistus piceus</i> Fröl.	+			
55	<i>Nebria brevicollis</i> (Fabr.)	+	+		
211	<i>Patrobus atrorufus</i> (Stroem)	+			
280	<i>P. oblongopunctatus</i> (Fabr.)	+	+	+	+
281	<i>P. niger</i> (Schall.)	+	+	+	+
	<i>P. melanarius</i>		+		
282	<i>P. vulgaris</i> (L.)	+			+
	<i>P. strenuus</i>		+		
286	<i>P. nigrita</i> (Fabr.)	+			
301	<i>P. burmeisteri</i> Heer				+
307	<i>Abax carinatus</i> (Duft.)				+
308	<i>A. ovalis</i> (Duft.)				+
309	<i>A. ater</i> (Pill. Et Mitt.)				+
311	<i>Abax schüppeli</i> (Germ.)				+
340	<i>Agonum mülleri</i> (Herbst)	+			
348	<i>A. assimile</i> (Payk.)	+			
409	<i>H. rufipes</i> De Geer	+		+	
423	<i>Harpalus latus</i> (L.)	+			

W obu siedliskach niestwierdzono występowania biegaczowatych należących do hemizoofagów. Zoofagi duże stanowiły 76,1% w lesie wyżynnym i 83,9% w lesie górskim odłowionych osobników, natomiast małe zoofagi odpowiednio: 23,9 i 16,1% populacji. Wskaźnik różnorodności Shanonna-Wienera dla siedliska lasu wyżynnego kształtował się na poziomie 2,475, natomiast dla lasu górskiego 1,031.

PODSUMOWANIE

W roku hydrologicznym 2008 program ZMŚP realizowany był na siedmiu stacjach bazowych reprezentujących różne strefy krajobrazowe kraju oraz poddane różnym presjom związanymi z działalnością człowieka.

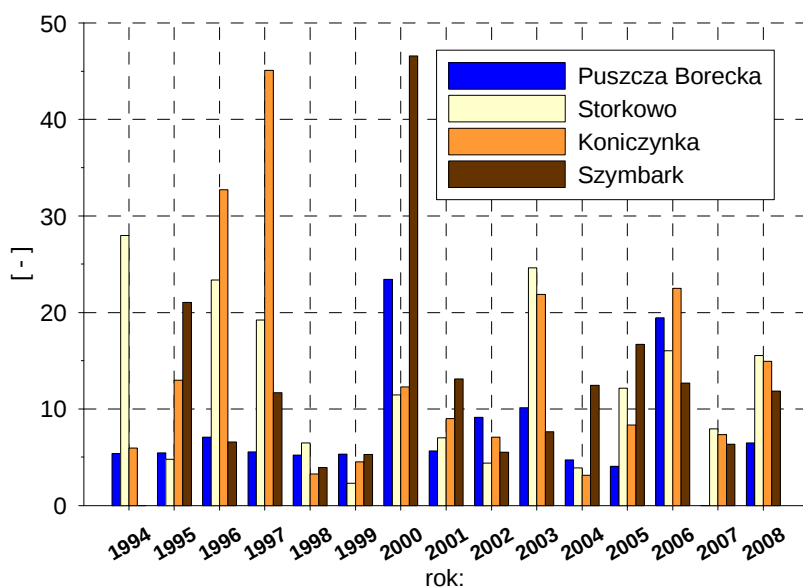
Funkcjonowanie geosystemów uwarunkowane jest przede wszystkim dopływem energii słonecznej stąd tak istotne jest rozpoznanie warunków meteorologicznych. Rok hydrologiczny 2008 zarówno pod względem termiki i warunków opadowych został zaklasyfikowany jako rok normalny lub ponad przeciętny.



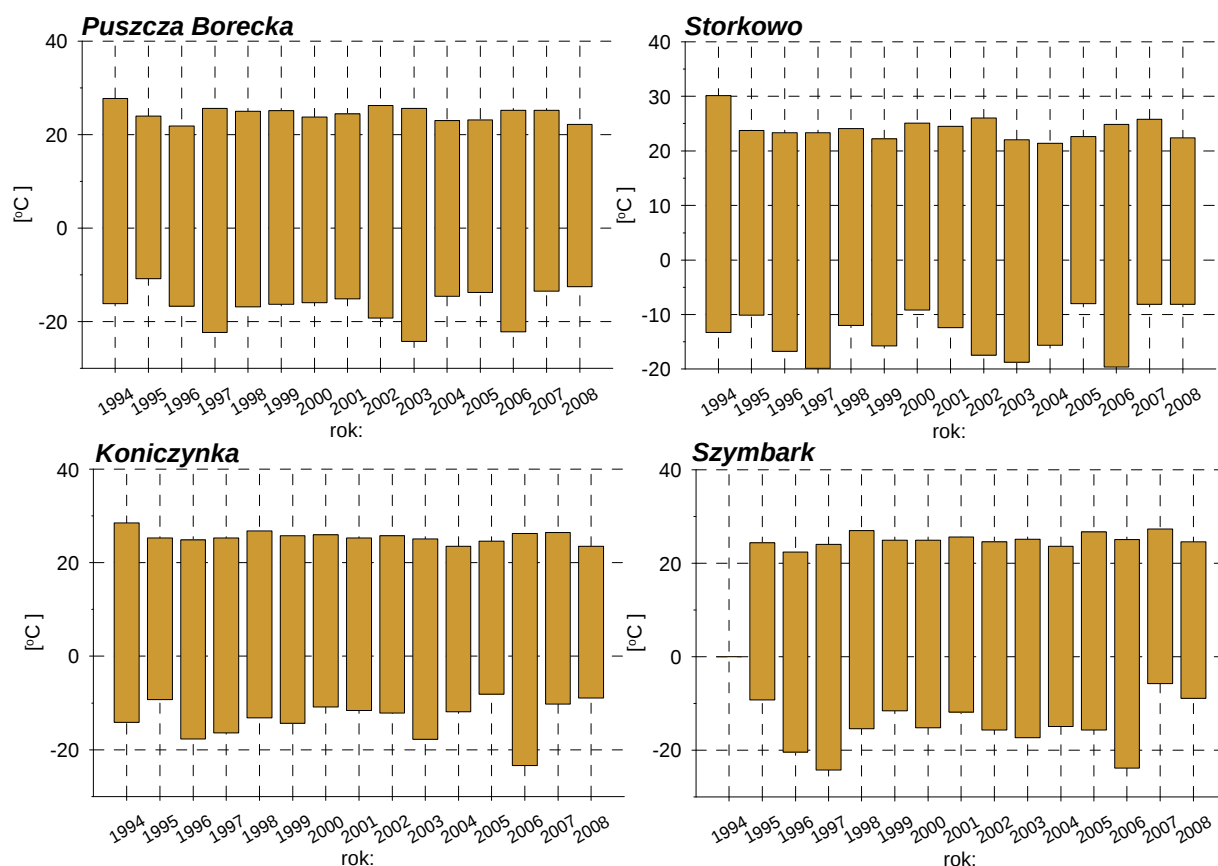
Ryc. 1. Rozkład rocznych sum opadów dla poszczególnych lat hydrologicznych jako procent wartości z wielolecia.

dla P. Boreckiej, Storkowo, Koniczynki wartość z wielolecia obliczono dla okresu: 1994-2008, dla Szymbarku 1995-2008, Świętego Krzyża 1999-2008, Wigier 2002-2008. Wartość 0% oznacza brak danych.

Wysokie roczne sumy opadów, które były wyższe od wartości z wielolecia, oraz bardzo wilgotny rok 2007 dla większości stacji bazowych pozwoliły na odbudowę zasobów wodnych w monitorowanych zlewniach rzecznych. W skali roku hydrologicznego zaznacza się przewaga opadów półrocza letniego (V-X). Prawidłowość ta zaznacza się w przypadku wszystkich stacji poza Storkowem, gdzie suma opadów półrocza zimowego i letniego jest prawie identyczna. Miesiącami, kiedy sumy opadów były wyższe od wartości z wielolecia, były listopad, styczeń, marzec oraz sierpień i październik. Wysokie sumy roczne opadów atmosferycznych oraz wilgotny okres roku 2007 przyczyniły się do stabilizacji stanów wód podziemnych oraz powierzchniowych.



Ryc. 2. Rozkład współczynnika nieregularności opadów atmosferycznych.



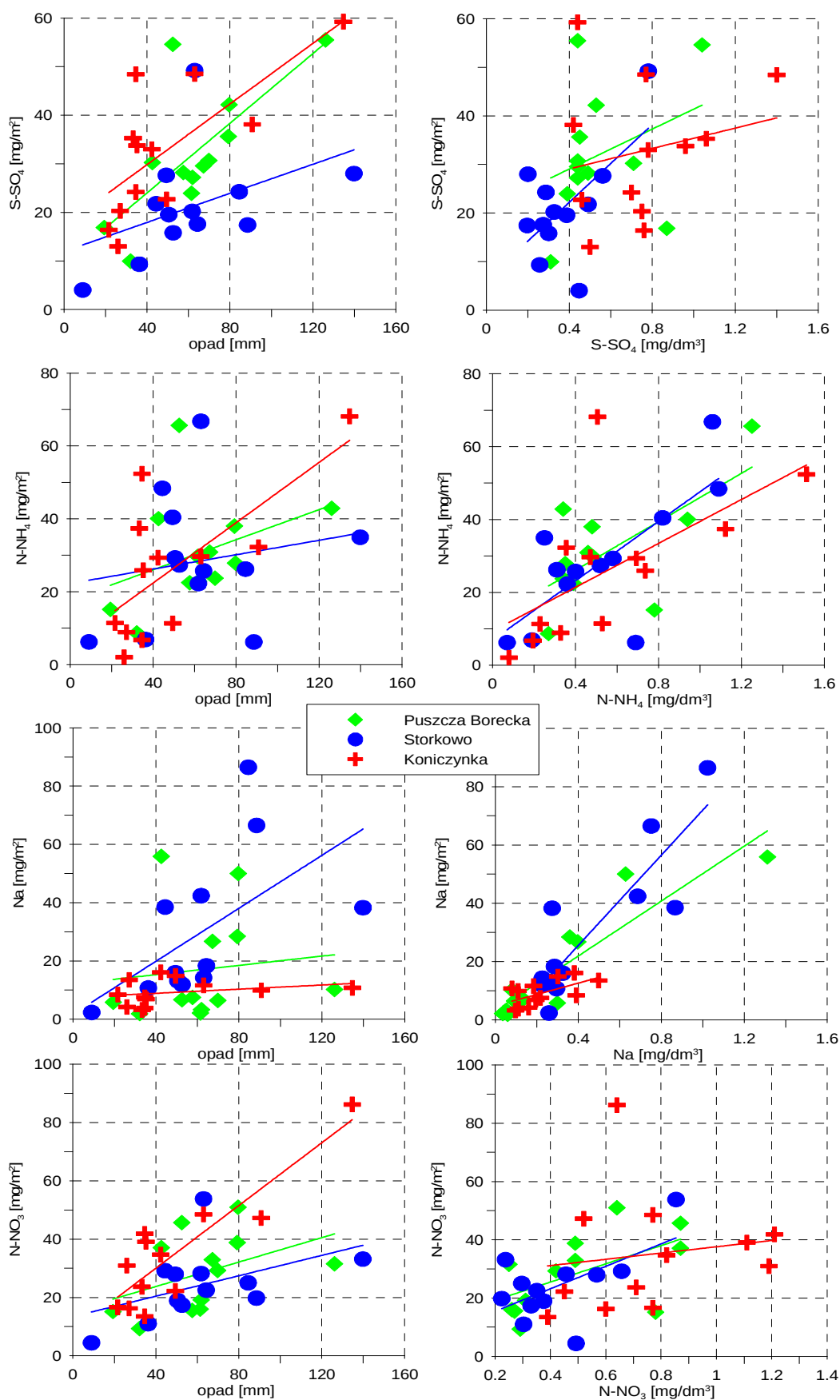
Ryc. 3. Rozkład absolutnych temperatur minimalnych i maksymalnych dla poszczególnych lat hydrologicznych.

W roku hydrologicznym 2008 notowano miesiące, w których odpływ powierzchniowy zanikł całkowicie. Przypadki takie obserwowano w okresie miesięcy letnich w zlewni jeziora Łękuk, Kanału Olszewskiego oraz w zlewni reprezentatywnej na Świętym Krzyżu pomimo wysokich sum opadów atmosferycznych występujących w tym czasie. Zanik przepływu był przede

wszystkim stratami wody w procesie ewapotranspiracji. Dla wartości odpływu powierzchniowego z monitorowanych zlewni rzecznych w roku hydrologicznym zasadnicze znaczenie miała korelacja czasowa zanikania pokrywy śnieżnej i wysokie sumy opadów atmosferycznych na przełomie zimy i wiosny. Wysokie sumy opadów atmosferycznych w okresie miesięcy letnich nie zostały odzwierciedlone w poziomie odpływu powierzchniowego. Cechą charakterystyczną ostatnich lat jest utrzymywanie się tendencji wzrostowej rocznej absolutnej amplitudy temperatury powietrza. Tendencja ta została jednak zachwiana w okresie dwóch ostatnich lat. Przyczyną są wyższe temperatury miesięcy półrocza zimowego. W roku hydrologicznym 2008 na wszystkich stacjach bazowych temperatury miesięczne: grudnia, stycznia, lutego oraz marca znacząco odbiegały in plus od wartości z wielolecia. Na terenie zlewni Czarnej Hańczy (Wigry) średnia miesięczna temperatura lutego była wyższa o niemal 6 deg. C od wartości z okresu: 2002 – 2008.

Do podstawowych czynników które decydują o obiegu materii w geoekosystemie należy zaliczyć ilość i jakość depozycji atmosferycznej. Powietrze jest jednym z elementów środowiska przyrodniczego, które podlega silnej antropopresji. Zawarte w nim związki chemiczne wskutek opadania i osadzania są wchłaniane i akumulowane przez pozostałe komponenty środowiska. Skład chemiczny opadów atmosferycznych kształtowany jest przez wiele czynników do których należy zaliczyć obok zanieczyszczeń obecnych w atmosferze także warunki meteorologiczne w tym przede wszystkim typ cyrkulacji powietrza, wysokość opadów atmosferycznych, długość i czas występowania okresów bezdeszczowych. Przeprowadzona analiza zależności między wielkością depozycji poszczególnych jonów a ich stężeniem i wysokością opadów atmosferycznych wskazuje, że w przypadku anionów ich depozycja jest zależna przede wszystkim od wielkości opadów, natomiast w przypadku kationów większe znaczenie ma ich stężenie w opadzie w porównaniu do jego wysokości (ryc. 4). Porównując wielkość depozycji atmosferycznej na wszystkich stacjach bazowych największe jej wartości zanotowano na stacjach położonych na obszarach górskich (Święty Krzyż, Szymbark). Jest to zarówno związane z wysokimi stężeniami podstawowych jonów w opadzie w porównaniu do pozostałych stacji oraz przede wszystkim wysokich rocznych sum opadów atmosferycznych na ich terenie.

Uzyskane wyniki badań prowadzonych w ekosystemach leśnych potwierdzają, że parametry ilościowe jak i jakościowe opadu atmosferycznego w kontakcie z powierzchnią roślin ulegają transformacji. Pomimo strat wody w procesie intercepcji wielkość depozycji jonów pod koronami drzew przewyższa tą obserwowaną na terenie otwartym. Zwiększona depozycja jest przede wszystkim efektem procesów adsorpcji zanieczyszczeń atmosferycznych przez rośliny. Procesy te są szczególnie intensywne na obszarach o znacznym poziomie zanieczyszczenia powietrza i dotyczą przede wszystkim siarczanów, chlorków, jonów amonowych, sodu, wapnia.



Ryc. 4. Zależność depozycji atmosferycznej wybranych jonów od ich stężenia i wysokości opadu.

Tabela 1. Wyniki testu Manna-Kendalla dla wybranych parametrów fizykochemicznych opadów atmosferycznych.

parametr	stacja	n	MK _{STAT}	α	kierunek trendu
pH	Puszcza Borecka	167	2.525	0.012	(+)
	Storkowo	168	2.847	0.004	(+)
	Szymbark	168	1.089	0.276	(+)
S-SO ₄	Puszcza Borecka	168	-2.558	0.011	(-)
	Storkowo	168	-3.576	0.000	(-)
	Szymbark	168	-2.440	0.015	(-)
N-NO ₃	Puszcza Borecka	168	-1.616	0.106	(-)
	Storkowo	165	-2.542	0.011	(-)
	Szymbark	166	0.593	0.553	(+)
N-NH ₄	Puszcza Borecka	168	-1.638	0.101	(-)
	Storkowo	167	-3.286	0.001	(-)
	Szymbark	166	-1.640	0.100	(-)
COND	Puszcza Borecka	168	-2.513	0.011	(-)
	Storkowo	168	-2.135	0.033	(-)
	Szymbark	168	0.309	0.756	(+)

na podstawie danych z lat: 1995 – 2008, COND – przewodność elektrolityczna, pogrubioną czcionką zaznaczono trend statystycznie istotny, $\alpha \leq 0,05$

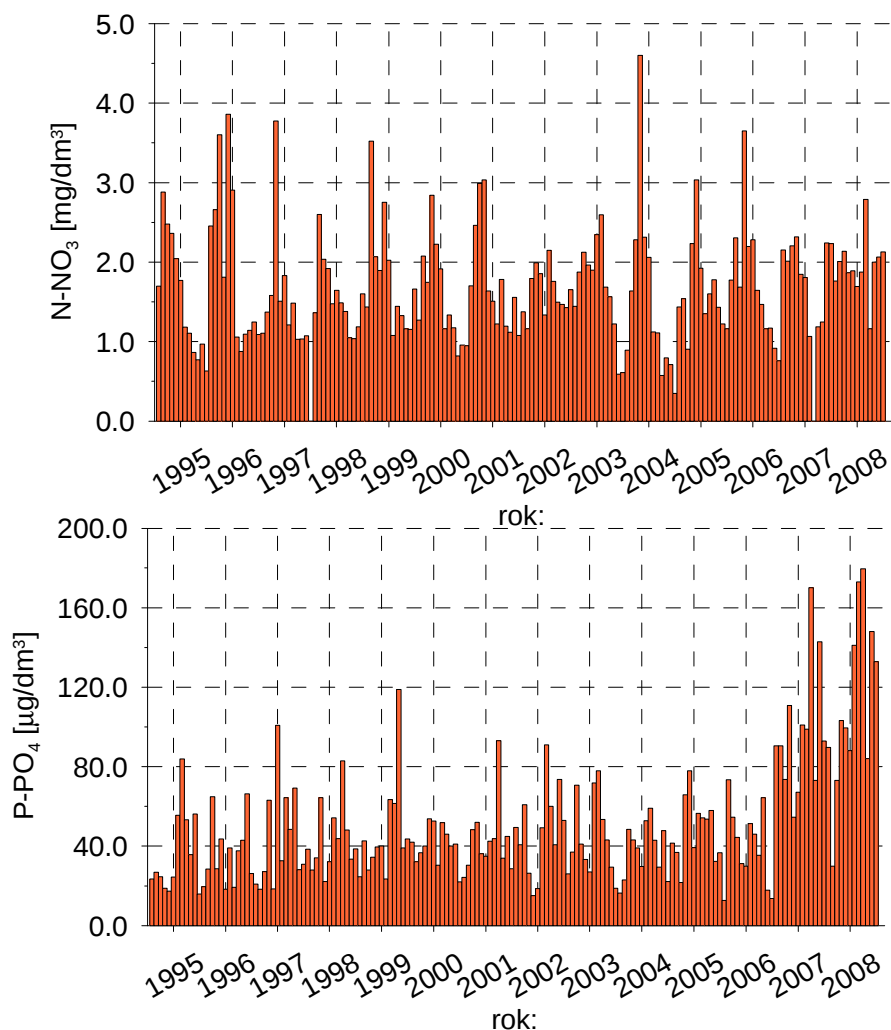
Jednym z podstawowych zagrożeń na jakie narażone są geoeosystemy Polski jest zanieczyszczenie powietrza atmosferycznego oraz związane z tym postępujące zakwaszanie środowiska przyrodniczego. W celu określenia kierunków zmian wartości odczynu oraz stężeń siarki siarczanowej i azotu azotanowego w opadach atmosferycznych przeprowadzono analizę trendów w oparciu o wykorzystanie nieparametrycznego testu Manna-Kendalla w wersji uwzględniającej wpływ na wartość stężeń i pH wysokości opadów atmosferycznych. Testowanie przeprowadzono dla trzech stacji bazowych (Puszczy Boreckiej, Storkowa oraz Szymbarku) wykorzystując dane pomiarowe z okresu 1995 – 2008. Wybór tych stacji było podyktowany zarówno dostępnością wieloletnich serii pomiarowych oraz różnym stopniem zanieczyszczenia powietrza na ich terenie. Uzyskane wyniki zamieszczono w tabeli 1. W przypadku wszystkich stacji, uwzględnionych w testowaniu, otrzymane wartości statystyki Manna-Kendall potwierdzają wzrost wartości pH opadów atmosferycznych. Poza stacją w Szymbarku uzyskane trendy są statystycznie istotne. Wzrost wartości odczynu opadów atmosferycznych jest przede wszystkim związany z spadkiem emisji związków siarki w kraju. Niewątpliwie coraz większe znaczenie w kształtowaniu poziomu kwasowości wód opadowych ma obecność w powietrzu utlenionych związków azotu NO_x pochodzących z emisji antropogenicznej. Zawartość azotanów w

opadach wskazuje trendy malejące (Storkowo, Puszcza Borecka) lub nieistotny statystycznie trend rosnący (stacja Szymbark). W porównaniu do rozkładu stężeń siarki siarczanowej uzyskane statystyki dla azotu azotanowego mają również mniejszą moc statystyczną.

Zakwaszenie wód opadowych określa się zwykle wskaźnikiem pH. Wody opadowe na większości stacji bazowych zostały zaliczone do klasy opadów atmosferycznych o pH lekko obniżonym. Jednak pH jest wskaźnikiem, którego wartość jest silnie zależna od krótkotrwałych zmian ciśnienia cząsteczkowego dwutlenku węgla. Dlatego w celu określenia stopnia zakwaszenia wód posługuje się wskaźnikiem alkaliczności lub tzw. zdolnością neutralizacji kwasu ANC_{aq} . Parametr ten jest definiowany jako różnica sumy stężeń kationów alkalicznych i sumy stężeń anionów mocnych kwasów i określa możliwości do neutralizacji związków kwaśnych przez opady lub glebę. Obliczone wartości ANC_{aq} dla opadów atmosferycznych kształtował się na poziomie mniejszym od zera, poza stacją na Świętym Krzyżu dla której ANC_{aq} wyniosło $+4,42 \mu\text{Eq/dm}^3$, wskazując tym samym na bardzo obniżoną pojemność neutralizującą kwasy jaką charakteryzują się opady atmosferyczne. Pojemność neutralizująca kwasy wód opadowych zostaje obniżona w trakcie przenikania przez strefę koron drzew. Zjawisko to jest widoczne zwłaszcza w zbiorowiskach lasów iglastych. W drzewostanach liściastych zachodzi proces neutralizacji kwasów poprzez wymywanie z roślin do wód opadowych kationów alkalicznych, zwłaszcza potasu i wapnia. Proces zakwaszania wód opadowych pod koronami gatunków iglastych jest efektem procesów osadzania a następnie splukiwania substancji kwasogennych z powierzchni roślin. W lasach górskich istotnym procesem dopływu zanieczyszczeń do gleby jest wychwytywanie kropelek wody z chmur i mgieł. Kropelki te są znacznie bardziej zanieczyszczone w porównaniu do kropel deszczu.

Zwiększony dopływ zanieczyszczeń kwaśnych do gleby w ekosystemach leśnych powoduje zakwaszenie gleb a konsekwencji uwalnianie toksycznego glinu. Przyjmuje się, że podstawową przyczyną zakwaszenia gleby w ekosystemach leśnych jest zakłócenie obiegu podstawowych pierwiastków w tym azotu i siarki spowodowane między innymi zwiększoną depozycją tych związków z atmosfery. Jeżeli zwiększony depozyt atmosferyczny tych pierwiastków nie zostaje zagospodarowany w procesie biosyntezy następuje nieodwracalne zakwaszanie gleby oraz eksport kwasów do wód podziemnych i powierzchniowych. W ekosystemach zrównoważonych coroczny dopływ pierwiastków z opadem organicznym określa w przybliżeniu pulę pierwiastków będącą w obiegu biologicznym. Uwzględniając to założenie oraz wyniki dopływu pierwiastków z opadem organicznym oraz z opadem podkoronowym w dwóch ekosystemach leśnych (drzewostan mieszany w Puszczy Boreckiej i drzewostan iglasty w zlewni Czarnej Hańczy) można przyjąć, że dopływ atmosferyczny siarki znacznie przekracza potrzeby pokarmowe roślin względem tego pierwiastka. W porównaniu do siarki dopływ azotu z opadem atmosferycznym jest znacznie mniejszy niż

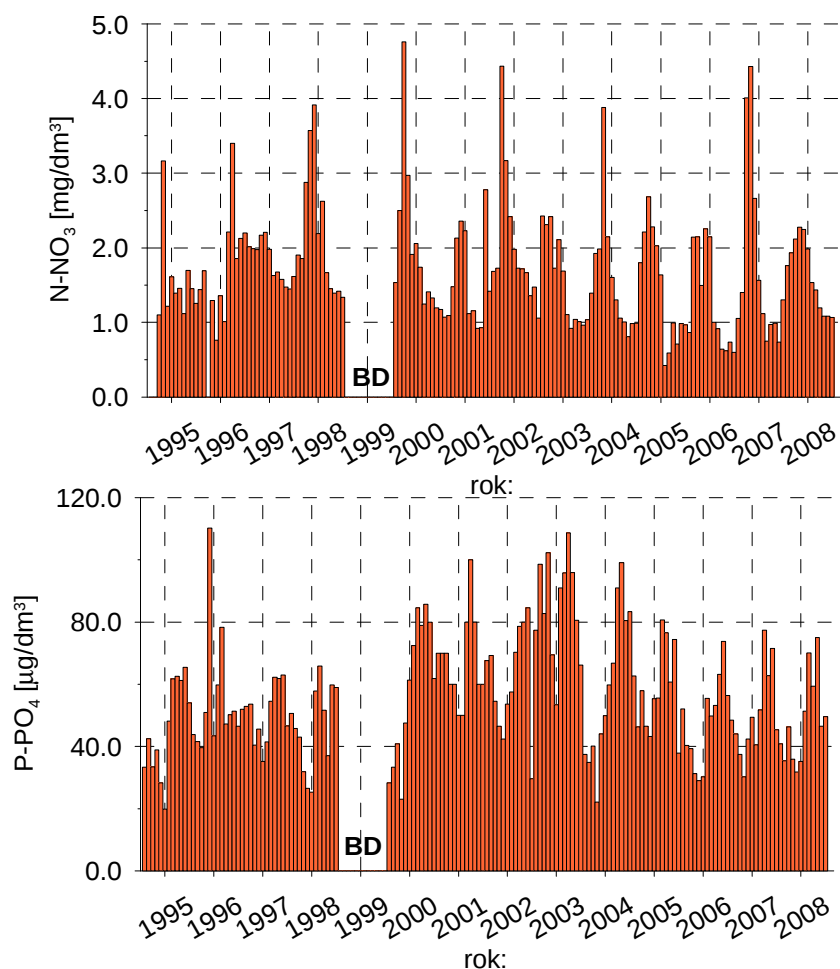
jego obieg wewnętrzny w ekosystemie. Związki siarki są zatem podstawowym czynnikiem zakwaszającym pokrywę glebową w badanych ekosystemach leśnych.



Ryc. 5. Rozkład stężeń azotu azotanowego i fosforu fosforanowego w wodach Bystrzanki (Szymbark).

Jednostką przestrzenną, która pozwala na całościowe ujęcie obiegu materii jest zlewnia rzeczna. Odpływ powierzchniowy stanowi główną drogę oprowadzania zarówno zawiesin i substancji rozpuszczonych z obszaru zlewni.

Pod względem składu chemicznego analizowane wody reprezentują wody proste, wysokozmineralizowane o odczynie obojętnym lub zasadowym (poza wodami potoku leśnego na zboczu Łysej Góry). Są to również wody, które charakteryzują się znaczną pojemnością neutralizacji kwasów (wysokie dodatnie ANC_{aq} , wartości powyżej $> 1000 \mu\text{Eq/dm}^3$). Wyjątek stanowią wody rzeczne cieku na zboczu Łysej Góry, których zarówno pH jak i ANC_{aq} wskazują na silne zakwaszenie i obecność rozpuszczonego glinu. Średnie ważone stężenie glinu dla punktu zamykającego C6 w roku 2008 wyniosło: $1300 \mu\text{g/dm}^3$. Była to wartość największa, dotychczas obserwowana (badania prowadzone są od roku 1994).



Ryc. 6. Rozkład stężeń azotu azotanowego i fosforu fosforanowego w wodach Parsęty (Storkowo).
BD – brak danych

Tabela 2. Wyniki testu Manna-Kendalla dla stężeń wybranych biogenów w wodach rzecznych.

parametr	stacja	n	MK _{STAT}	α	kierunek trendu
N-NO₃	Parsęta	153	-2,189	0,028	(-)
	Czarna Hańcza	96	1,854	0,063	(+)
	Bystrzanka	166	1,905	0,057	(+)
P-PO₄	Parsęta	156	-3,107	0,001	(-)
	Czarna Hańcza*	84	-1,277	0,201	(-)
	Bystrzanka	168	2,623	0,009	(+)
N-NH₄	Parsęta	144	-2,271	0,023	(-)
	Czarna Hańcza	96	1,020	0,307	(+)
	Bystrzanka	144	1,027	0,304	(+)

* dla czarnej Hańczy – fosfor całkowity (PTOT)
na podstawie danych z lat: 1995 – 2008 (dla Czarnej Hańczy 2001-2008), pogrubioną czcionką zaznaczono trend statystycznie istotny, $\alpha \leq 0,05$

Głównym zagrożeniem dla ekosystemów rzecznych badanych w ramach ZMŚP są zanieczyszczenia pochodzenia rolniczego i bytowego. Średnie roczne stężenia azotanów w odpływie rzeczonym klasyfikują monitorowane cieki do II i IV klasy czystości, natomiast w przypadku fosforanów i fosforu całkowitego do II i III klasy czystości. Przeprowadzona analiza miesięcznych stężeń głównych biogenów w odpływie rzeczonym potwierdza tendencję rosnącą zwłaszcza w przypadku obu form azotu (Czarna Hańcza, Bystrzanka). Dla fosforu fosforanowego kierunek dodatni trendu odnotowano dla Bystrzanki. Wzrost stężeń biogenów w wodach Bystrzanki, który zaznacza się w ostatnich latach jest efektem zanieczyszczenia wód rzecznych ściekami bytowymi (Bochenek 2009).

Ładunek substancji odprowadzanych ze zlewni rzecznych jest funkcją ilości wody odpływającej w jednostce czasu z powierzchni zlewni i stężeń odprowadzanych w wodzie rozpuszczonych soli. Zmienność czasowa odprowadzanego ładunku poprzez odpływ korytowy uwarunkowana jest przede wszystkim warunkami hydrometeorologicznymi. Największy ładunek odprowadzany był w okresie występowania wezbrań, zwłaszcza o charakterze roztopowym. Prawidłowość ta jest widoczna w przypadku wszystkich analizowanych zlewni. W okresie półrocza letniego pomimo wysokich sum opadów atmosferycznych i wysokiej mineralizacji wód rzecznych transport materiału rozpuszczonego był najniższy w porównaniu do półrocza zimowego. Wyjątek stanowi górska zlewnia Bystrzanki, gdzie wysokie wartości odprowadzanego ładunku poprzez system korytowy obserwowano również podczas letnich stanów wezbraniowych.

W okresie tym wielkość odprowadzonego ładunku poprzez system korytowy jest limitowana przede wszystkim stratami wody w procesie ewapotranspiracji.

Funkcjonowanie wybranych geoekosystemów Polski w roku 2008 było podporządkowane warunkom meteorologicznym, zwłaszcza warunkom opadowym. Obok stosunków termiczno-opadowych istotne dla poznania obiegu materii w geoekosystemach jest depozycja atmosferyczna – jej parametry ilościowe i jakościowe. Niebagatelne znaczenie dla środowiska przyrodniczego zlewni reprezentatywnych ma czynnik antropogeniczny, którego wpływ na funkcjonowanie badanych geoekosystemów przejawia się poprzez procesy eutrofizacji wód powierzchniowych, zmianę struktury użytkowania terenu oraz wprowadzanie do środowiska zarówno substancji kwasogennych jak i alkalizujących. Rozpoznanie stanu wymienionych powyżej zmiennych jest konieczne dla wyjaśnienia zmian zachodzących w badanych geoekosystemach oraz pozwoli przewidywać reakcje geoekosystemów przy zmiennych scenariuszach zmian klimatu, użytkowania terenu i obciążenia zanieczyszczeniami atmosferycznymi.

LITERATURA

- Bochenek, W.**, 2009: Raport z pomiarów wykonywanych w ramach Zintegrowanego Środowiska Przyrodniczego w zlewni Bystrzanki (Beskid Niski) w roku hydrologicznym 2008. Stacja Bazowa ZMŚP, Stacja Naukowo-Badawcza IGiPZ PAN.
- Jóźwiak, M., Kozłowski, R., Wróblewski, H.**, 2009: Raport Stacji Bazowej Zintegrowanego Monitoringu Środowiska Przyrodniczego "Święty Krzyż" za rok 2008. Uniwersytet Humanistyczno-Przyrodniczy im. Jana Kochanowskiego, Stacja Monitoringu, Kielce. Ms.
- Kejna, M.**, (Red.), 2009: Raport za rok hydrologiczny 2008. Stacja Bazowa ZMŚP w Koniczynie k. Torunia. UMK, WBiNoZ. Toruń. Ms.
- Kostrzewski A., Mazurek M., Zwoliński Zb.**, 1994: Dynamika transportu fluwialnego jako odbicie funkcjonowania systemu zlewni. Bogucki Wyd. Naukowe, Poznań
- Kostrzewski, A., Mazurek, M., Stach, A.**, 1995: Zintegrowany Monitoring Środowiska Przyrodniczego - Zasady organizacji, system pomiarowy, wybrane metody badań.
- Kostrzewski A., Domańska M., Kruszyk R., Szpikowska G., Szpikowski J., Tylkowski J., Zwoliński Z.**, 2009: Raport Stacji Bazowej ZMŚP w Storkowie za rok 2008. Storkowo – Poznań
- Krzysztofiak, L.** (Red.), 2009: Ocena stanu środowiska Stacji Bazowej Wigry za rok 2008. Wigierska Stacja Bazowa Zintegrowanego Monitoringu Środowiska Przyrodniczego. Krzywe. Ms.
- Lorenc, H.**, 1998: Ocena stopnia realizacji programu "obserwacje meteorologiczne i badania klimatyczne w systemie zintegrowanego monitoringu środowiska" oraz synteza uzyskanych wyników badań za okres 1994-1997. W: Zintegrowany Monitoring Środowiska Przyrodniczego. Funkcjonowanie i tendencje rozwoju geoekosystemów Polski. IX Sympozjum ZMŚP, A. Kostrzewski (Red.). Biblioteka Monitoringu Środowiska. Warszawa, s. 113-119.
- Mazurek M.**, 2000: Zmienność transportu materiału rozpuszczonego w zlewni Kłudy jako przejaw procesów denudacji chemicznej (Pomorze Zachodnie). Wyd. UAM, Poznań
- Olszewski A., Wierzbicki A.**, (red.): 2009. Raport o stanie środowiska przyrodniczego zlewni ZMŚP „Pożar” w roku 2008. Kampinoski Park Narodowy, Granica. Ms.
- Śnieżek, T.** (red.), 2009: Ocena Stanu Środowiska Stacji Bazowej Puszcza Borecka w roku hydrologicznym 2008. Instytut Ochrony Środowiska. Stacja Kompleksowego Monitoringu Środowiska Puszcza Borecka, Warszawa. Ms.