

## ODPŁYW RZECZNY W ZLEWNI GÓRNEJ I ŚRODKOWEJ ODRY W RÓŻNYCH FAZACH OSCYLACJI PÓŁNOCNOATLANTYCKIEJ

DARIUSZ WRZESIŃSKI, KAROLINA WASZCZAK, KATARZYNA PLEWA

Zakład Hydrologii i Gospodarki Wodnej, Wydział Nauk Geograficznych i Geologicznych,  
Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu  
ul. B. Krygowskiego 10, 61-680 Poznań

**Abstract:** The study area covers watersheds in the upper and middle parts of the Oder basin down to Słubice. This region is interesting in terms of its diverse climatic, hydrological, geomorphological and environmental conditions. The study contains hydrometric data from 94 gauging stations located on 53 rivers from 1971 to 2010. Calculations were made of the outflow for the entire period in question as well as for years with high and low values of the winter  $NAO_{DJFM}$  index. On the basis of a test of the significance of differences in the outflow between the average period and the years in positive and negative phases of the  $NAO_{DJFM}$ , the effects of the changes in the intensity of the North Atlantic Oscillation on the flow of the rivers in the basin of the upper and middle Oder were examined. In a negative  $NAO_{DJFM}$  phase, in 90 catchments the outflow was above the average. In a positive  $NAO_{DJFM}$  phase, the annual outflows on most rivers were below the average.

**Keywords:** North Atlantic Oscillation, river runoff, statistical significance of differences, Odra River

### WSTĘP

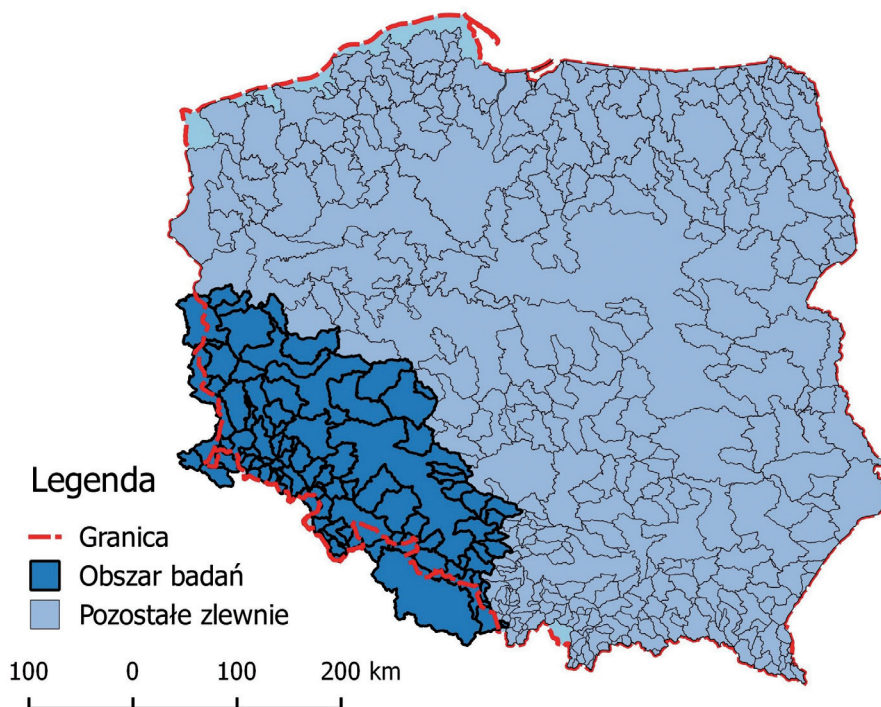
Oscylacja Północnoatlantycka to wielkoobszarowe zjawisko meteorologiczne występujące w regionie Północnego Atlantyku, które ma wpływ na pogodę i klimat w Europie. Przyczyną występowania omawianej cyrkulacji atmosferycznej jest współdziaływanie oceanu i globalnej cyrkulacji powietrza (Marsz, Styszyńska 2001). Oscylacja Północnoatlantycka zauważalna jest w ciągu całego roku, jednak najwyższe natężenie osiąga w miesiącach zimowych (Hurrell 1995). W tym czasie ocean staje się istotnym, astrefowym źródłem ciepła dla atmosfery. Intensywność i natężenie Oscylacji Północnoatlantyckiej przedstawiane są za pomocą wskaźników NAO. Wyróżnia się pozytywną i negatywną fazę cyrkulacji. Dodatnia faza NAO występuje wtedy, kiedy spadkowi ciśnienia w Niżu Islandzkim towarzyszy wzrost ciśnienia w Wyżu Azorskim, zarówno Niż Islandzki, jak i Wyż Azorski są wtedy silne. Skutkiem tego są silne zimowe sztormy na północnym Atlantyku, a w Europie ciepłe i wilgotne zimy. Odwrotną sytuację obserwuje się w czasie negatywnej fazy NAO, która charakteryzuje się występowaniem płytkiego Niżu Islandzkiego oraz słabego podzwrotnikowego Wyżu Azorskiego. Powoduje to śnieżne zimy w Europie oraz łagodne zimy na

Grenlandii, a także zwiększenie aktywności burzowej w rejonie Morza Śródziemnego. W pozytywnej fazie NAO obserwuje się wyższe opady atmosferyczne w północnej Europie, a podczas fazy negatywnej w południowej Europie (Hurrell 1995). W konsekwencji NAO ma wpływ na sytuację hydrologiczną. Wpływ Oscylacji Północnoatlantyckiej na odpływ rzek był przedmiotem licznych badań. Kaczmarek (2002, 2003) stwierdził wpływ NAO na wielkość wezbrań roztopowych w Europie Środkowej. Analizę zmian cech reżimu odpływu rzek europejskich w różnych fazach NAO przeprowadził Wrzesiński (2010a, 2013a). Wskazał on, że najsilniejszy wpływ Oscylacji Północnoatlantyckiej na odpływ rzek w Europie występuje w miesiącach zimowych i wiosennych. W Polsce natomiast badania wykazały wpływ NAO na przepływy Warty (Styszyńska 2002; Styszyńska, Tamulewicz 2004) oraz wystąpienie asynchronicznych zależności między zimowymi indeksami NAO i przepływami Wisły oraz niektórych rzek karpaccich (Limanówka i in. 2002; Pociask-Karteczka i in. 2002–2003; Wrzesiński i in. 2015). Stwierdzono również, że Oscylacja Północnoatlantycka ma silny wpływ na wysokość i sezonowość odpływu rzek polskich (Wrzesiński 2008). Brak jednoznacznych wniosków dotyczących rzek na terenach górskich sprawia, że niezbędne są badania uszczegółowiające. Stąd celem artykułu jest ustalenie wpływu Oscylacji Północnoatlantyckiej na odpływ rzek w zlewni górnej i środkowej Odry.

## OBSZAR BADAŃ I MATERIAŁY ŹRÓDŁOWE

Obszar badań zlokalizowany jest w południowo-zachodniej części Polski w obrębie zlewni górnej i środkowej Odry (ryc. 1). Region ten charakteryzuje się zróżnicowanymi warunkami klimatycznymi, hydrologicznymi, geologicznymi i hipsometrycznymi. Na badanym obszarze rzeki reprezentują wszystkie typy reżimów według typologii Dynowskiej (*Atlas Rzeczypospolitej Polskiej* 1997). Reżim niwalny słabo wykształcony reprezentują trzy rzeki: Pliszka, Ilanka oraz Bytomka, niwalny średnio wykształcony siedem rzek: Widawa, Barycz, Orla, Bóbr, Kamienna, Szprotawa i Skroda, a niwalny silnie wykształcony charakterystyczny jest dla rzek w 31 zlewniach. Najwięcej rzek reprezentuje typ niwalno-pluwialny, który występuje na rzekach w 47 zlewniach. Natomiast reżim pluwialno-niwalny wykazuje pięć rzek: Prudnik, Mała Panew, Nysa Kłodzka, Biała Głuchołaska i Bystrzyca. Naturalny reżim odpływu na wielu rzekach modyfikowany jest przez jeziora zaporowe, które pełnią różnorodne funkcje, w tym energetyczne, przeciwpowodziowe, rekreacyjne czy magazynujące wodę na potrzeby przemysłu i ludności.

W pracy wykorzystano miesięczne przepływy z lat 1971–2010 z 94 posturków wodowskazowych zlokalizowanych na 53 rzekach po posterunek Słubice (ryc. 2). Przedmiotem badań są rzeki, których zlewnie mają powierzchnię od



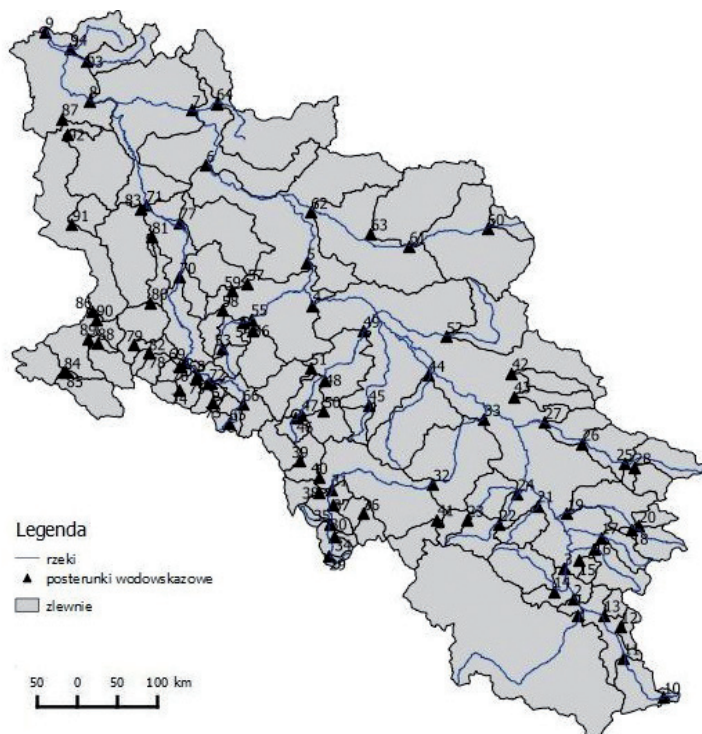
Ryc. 1. Lokalizacja obszaru badań na tle Polski

Fig. 1. Location of the study area in Poland

13,3 km<sup>2</sup> (Jedlica-Kowary) do 53 600 km<sup>2</sup> (Odra-Słubice). Dane hydrometryczne uzyskano ze zbiorów Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej – PIB.

## METODY BADAŃ

Zmiany miesięcznych i rocznych odpływów rzek w różnych fazach  $NAO_{DJFM}$  określono na podstawie różnic tych parametrów w pozytywnej i negatywnej fazie  $NAO_{DJFM}$  względem wartości przeciętnych z lat 1971–2010. Na pierwszym etapie obliczono odpływy rzek dla całego badanego okresu – lat 1971–2010, a następnie dla lat o wysokich ( $NAO_{DJFM} > 2,52$ ) i niskich ( $NAO_{DJFM} < -0,41$ ) wartościach zimowego indeksu  $NAO_{DJFM}$ . Liczby te odpowiadają pierwszemu i trzeciemu kwartylowi z całego zbioru wskaźnika  $NAO_{DJFM}$  w latach 1971–2010. Istotność statystyczną różnic badano testem  $T$  dla prób zależnych. Każdorazowo testowano hipotezę  $H_0 : \mu = \mu_0$  o równości wartości oczekiwanych przeciwko  $H_1 : \mu \neq \mu_0$ . Odrzucenie hipotezy pozwala wnioskować o istotnych różnicach między średnimi odpływami obserwowanymi w różnych fazach  $NAO_{DJFM}$  a ich wartościami przeciętnymi z lat 1971–2010. W celu weryfikacji



Ryc. 2. Położenie posterunków wodowskazowych

Fig. 2. Location of gauging stations

1 – Odra-Chałupki, 2 – Odra-Krzyżanowice, 3 – Odra-Racibórz-Miedonia, 4 – Odra-Malczyce, 5 – Odra-Ścinawa, 6 – Odra-Nowa Sól, 7 – Odra-Cigacice, 8 – Odra-Połęcko, 9 – Odra-Słubice, 10 – Olza-Istebna, 11 – Olza-Cieszyn, 12 – Pietrówka-Zebrzydowice, 13 – Sztówka Gołkowie, 14 – Psina-Bojanów, 15 – Sumina-Nędza, 16 – Ruda-Ruda Koziejska, 17 – Bierawka-Twaróg Mały, 18 – Kłodnica-Gliwice, 19 – Kłodnica-Lenartowice, 20 – Bytomka-Gliwice, 21 – Stradunia-Kamionka, 22 – Osobłoga-Raclawice Śląskie, 23 – Prudnik-Prudnik, 24 – Biała-Dobra, 25 – Mała Panew-Krupski Młyn, 26 – Mała Panew-Staniszcze Wielkie, 27 – Mała Panew-Turawa, 28 – Stoła-Wesoła, 29 – Nysa Kłodzka-Międzylesie, 30 – Nysa Kłodzka-Bystrzyca Kłodzka, 31 – Nysa Kłodzka-Kłodzko, 32 – Nysa Kłodzka-Nysa, 33 – Nysa Kłodzka-Skorogoszcz, 34 – Wilczka-Wilkanów, 35 – Bystrzyca-Bystrzyca Kłodzka, 36 – Biała Łądecka-Łądek Zdrój, 37 – Biała Łądecka-Żelazno, 38 – Bystrzyca Dusznicka-Szalejów Dolny, 39 – Ścinawka-Tłumaczów, 40 – Ścinawka-Gorzuchów, 41 – Biała Głucholańska-Głucholaży, 42 – Bogacica-Domaradz, 43 – Budkowiczanka-Krzywa Góra, 44 – Oława-Oława, 45 – Ślęza-Białobrzezie, 46 – Bystrzyca-Jugowice, 47 – Bystrzyca-Lubachów, 48 – Bystrzyca-Krasków, 49 – Bystrzyca-Jarnołtów, 50 – Piława-Mościsko, 51 – Strzegomka-Lażany, 52 – Widawa-Zbytowa, 53 – Kaczawa-Świerzawa, 54 – Kaczawa-Rzymówka, 55 – Kaczawa-Dunino, 56 – Nysa Szalona-Winnica, 57 – Czarna Woda-Bukowna, 58 – Skora-Zagrodo, 59 – Skora-Chojnów, 60 – Barycz-Odołanów, 61 – Barycz-Ląki, 62 – Barycz-Osetno, 63 – Orla-Korzeńsko, 64 – Obrzyca-Smolno Wielkie, 65 – Bóbr-Bukówka, 66 – Bóbr-Kamienna Góra, 67 – Bóbr-Wojanów, 68 – Bóbr-Jelenia Góra, 69 – Bóbr-Pilchowice, 70 – Bóbr-Dąbrowa Bolesławiecka, 71 – Bóbr-Żagań, 72 – Łomnica-Łomnica, 73 – Jedlica-Kowary, 74 – Kamienna-Piechowice, 75 – Kamienna-Jelenia Góra, 76 – Kamienica-Barcinek, 77 – Szprotawa-Szprotawa, 78 – Kwisa-Mirsk, 79 – Kwisa-Leśna, 80 – Kwisa-Nowogrodziec, 81 – Kwisa-Łozy, 82 – Czarny Potok-Mirsk, 83 – Czarna Wielka-Żagań, 84 – Nysa Łużycka-Porajów, 85 – Nysa Łużycka-Sieniawka, 86 – Nysa Łużycka-Zgorzelec, 87 – Nysa Łużycka-Gubin, 88 – Witka-Ostróżno, 89 – Witka-Ręczyn, 90 – Czerwona Woda-Zgorzelec-Ujazd, 91 – Skroda-Przewoźniki, 92 – Lubsza-Plešno, 93 – Pliszka-Sądów, 94 – Ilanka-Maczków

hipotezy wykorzystano test dla małej próby oparty na rozkładzie  $t$ -Studenta przy  $n - 1$  stopniach swobody:

$$t = \left| \frac{\bar{x} - \mu_0}{s} \sqrt{n} \right|$$

gdzie:  $n$  – liczebność próby,  $s$  – odchylenie standardowe,  $\bar{x}$  – średnia z próby,  $\mu_0$  – średnia z populacji.

Ponieważ analiza dotyczy zmian wysokości odpływu, wyniki analizy przedstawiono graficznie w postaci kartogramu. W opracowaniu matematyczno-statystycznym danych źródłowych użyto procedur statystycznych programu *Excel* [Microsoft]. Z kolei w tworzeniu strony graficznej wykorzystano program *QGis* [Quantum GIS].

## WYNIKI

Zmiany odpływu rzek w obu fazach Oscylacji Północnoatlantyckiej w porównaniu z przeciętnymi wartościami dla wielolecia 1971–2010 są bardzo charakterystyczne. W pozytywnej fazie  $NAO_{DJFM}$  wzrost miesięcznych odpływów obserwuje się najczęściej w miesiącach zimowo-wiosennych, od stycznia do kwietnia. Jednak tylko w marcu liczba posterunków, na których obserwowano wzrost odpływu, jest większa niż liczba posterunków, na których odpływ maleje (tab. 1). Warto zauważyć, że w żadnym przypadku zaobserwowane wyższe odpływy nie różnią się istotnie statystycznie od przeciętnych wieloletnich. W pozostałych miesiącach wyraźnie dominuje spadek odpływów miesięcznych, zwłaszcza od maja do stycznia. W przypadku odpływów w sierpniu, październiku i listopadzie spadek odpływu obserwowany jest na wszystkich badanych rzekach, a zidentyfikowane różnice w odpływach w ponad 80% badanych obiektów w lipcu i sierpniu są statystycznie istotne ( $p < 0,05$ ). Najwyższe i najbardziej statystycznie istotne różnice obserwuje się dla odpływów w sierpniu (ryc. 3). Na wszystkich badanych rzekach odpływy są w tym miesiącu niższe niż przeciętnie; od ponad 30 mm w zlewniach górskich dopływów Odry do kilku milimetrów w pozostałych zlewniach. Obliczone różnice są najczęściej bardzo istotne statystycznie ( $p < 0,001$ ). Jedynie w przypadku Pliszki położonej w północnej części dorzecza, Straduni oraz zlewni rzek odwadniających region śląski (Ruda, Bierawka, Kłodnica, Bytomka) odpływy są niższe niż przeciętne, ale zaobserwowane różnice nie są statystycznie istotne.

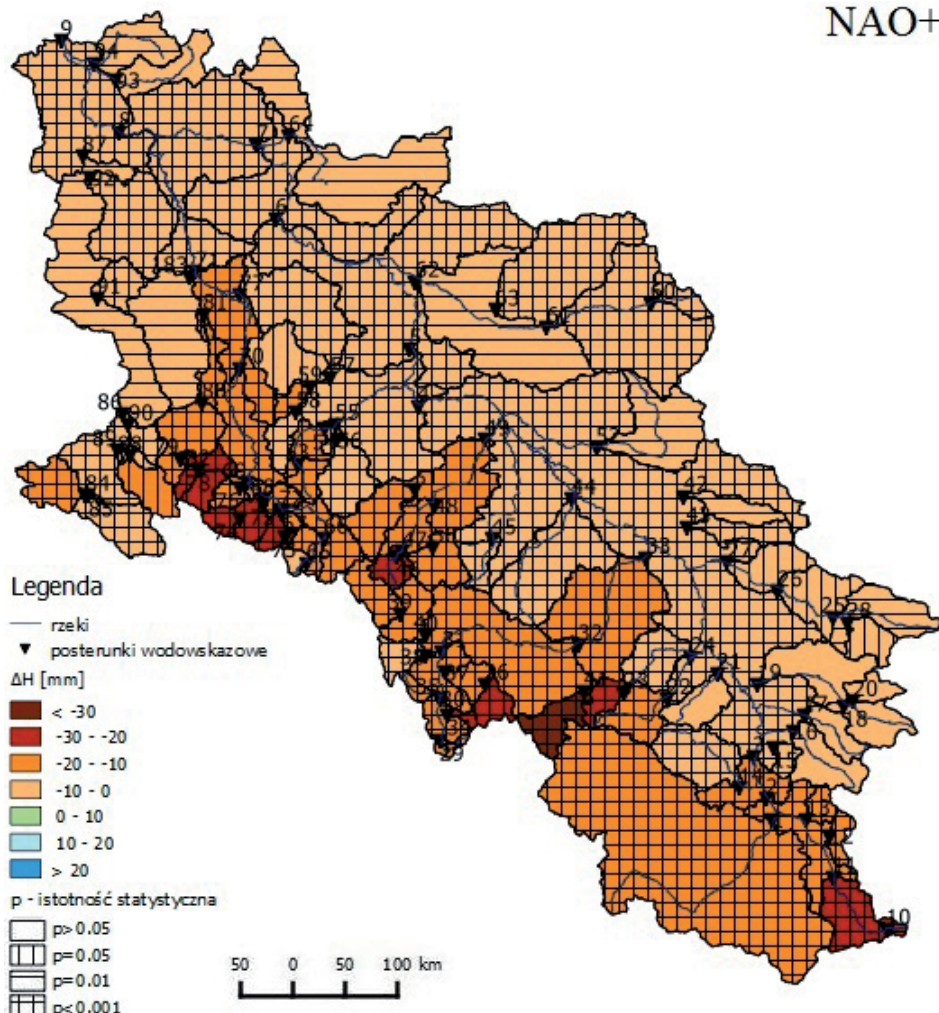
W negatywnej fazie  $NAO_{DJFM}$  obserwuje się odmienne prawidłowości. We wszystkich miesiącach roku dominują zlewnie, z których odpływ jest wyższy niż przeciętnie. Największe zmiany odpływu występują w miesiącach wiosennych. W tej fazie  $NAO_{DJFM}$  odpływ w marcu i kwietniu w ponad 90% badanych zlewni jest wyższy, a istotnie statystyczne różnice w odpływach dotyczą odpowiednio:

21% i 48% zlewni. W kwietniu odpływy na badanych rzekach są wyższe od wartości przeciętnych, zazwyczaj o 10 mm, maksymalnie do 30 mm (ryc. 4). Jednak najbardziej statystycznie istotne różnice obserwuje się na Odrze i jej kilku sudeckich dopływach w ich środkowym biegu – Nysie Kłodzkiej, Oławie, Bystrzycy i Kaczawie. W przypadku trzech zlewni – Skrody dopływu Nysy Łużyckiej, Pliszki i Ilanki obserwuje się nieznaczny, nieistotny statystycznie spadek odpływu w porównaniu z wartościami przeciętnymi z wielolecia 1971–2010.

Tabela 1. Zmiany odpływu w pozytywnej i negatywnej fazie NAO<sub>DJFM</sub>  
Table 1. Changes in the outflow in a positive and a negative phase of the NAO<sub>DJFM</sub>

Miesiąc	Odchylenie odpływu od wartości przeciętnych	NAO+				NAO-			
		liczba zlewni	[%]	liczba zlewni o istotnej statystycznie różnicy w odpływie	[%]	liczba zlewni	[%]	liczba zlewni o istotnej statystycznie różnicy w odpływie	[%]
XI	wzrost	0	0,0	0	0	26	27,7	0	0
	spadek	94	100,0	60	63,8	68	72,3	2	2,9
XII	wzrost	7	7,4	0	0	15	16,0	0	0
	spadek	87	92,6	30	34,5	79	84,0	8	10,1
I	wzrost	27	28,7	0	0	14	14,9	0	0
	spadek	67	71,3	16	23,9	80	85,1	25	31,3
II	wzrost	44	46,8	0	0	53	56,4	1	1,9
	spadek	50	53,2	7	14,0	41	43,6	9	22,0
III	wzrost	49	52,1	0	0	85	90,4	18	21,2
	spadek	45	47,9	7	15,6	9	9,6	2	22,2
IV	wzrost	28	29,8	0	0	91	96,8	44	48,4
	spadek	66	70,2	5	7,6	3	3,2	0	0
V	wzrost	3	3,2	0	0	90	95,7	1	1,1
	spadek	91	96,8	24	26,4	4	4,3	0	0
VI	wzrost	5	5,3	0	0	92	97,9	5	5,4
	spadek	89	94,7	48	53,9	2	2,1	0	0
VII	wzrost	2	2,1	0	0	73	77,7	0	0
	spadek	92	97,9	86	93,5	21	22,3	1	4,8
VIII	wzrost	0	0,0	0	0	94	100,0	2	2,1
	spadek	94	100,0	86	91,5	0	0,0	0	0
IX	wzrost	2	2,1	0	0	94	100,0	7	7,4
	spadek	92	97,9	36	39,1	0	0,0	0	0
X	wzrost	0	0,0	0	0	70	74,5	2	2,9
	spadek	94	100,0	81	86,2	24	25,5	0	0
Rok	wzrost	2	2,1	0	0	90	95,7	38	42,2
	spadek	92	97,9	58	63,0	4	4,3	0	0

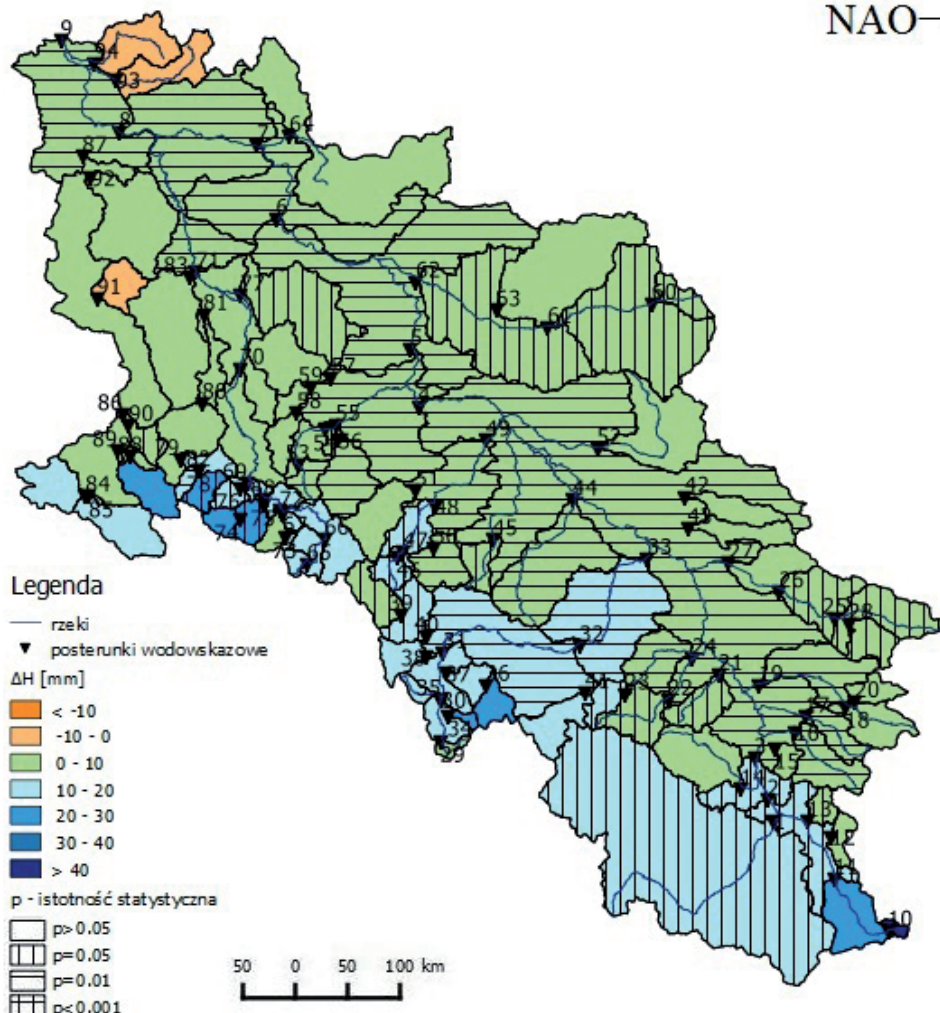
NAO+



Ryc. 3. Różnice odpływów w pozytywnej fazie  $NAO_{DJFM}$  od wartości przeciętnych w sierpniu oraz ich istotność statystyczna

Fig. 3. Differences in the outflow in August between a positive phase of the  $NAO_{DJFM}$  and the average values, and their statistical significance

Odpływy roczne w pozytywnej fazie  $NAO_{DJFM}$  (ryc. 6) są na większości rzek niższe od przeciętnych w latach 1971–2010 (ryc. 5). Taką sytuację obserwuje się w przypadku 92 zlewni, z czego w 58 (63%) spadki odpływu były statystycznie istotne ( $p < 0,05$ ) – tabela 1. Szczególnie duże spadki odpływu do 120 mm i najbardziej statystycznie istotne ( $p < 0,001$ ) obserwuje się w zlewniach różnicowych samej Odry i jej dopływów w górnej części dorzecza. Znacznie niższe różnice i statystycznie nieistotne występują w zlewniach śląskich dopływów Odry: Kłodnicy, Nysy Łużyckiej, Bobru i Kwisy,



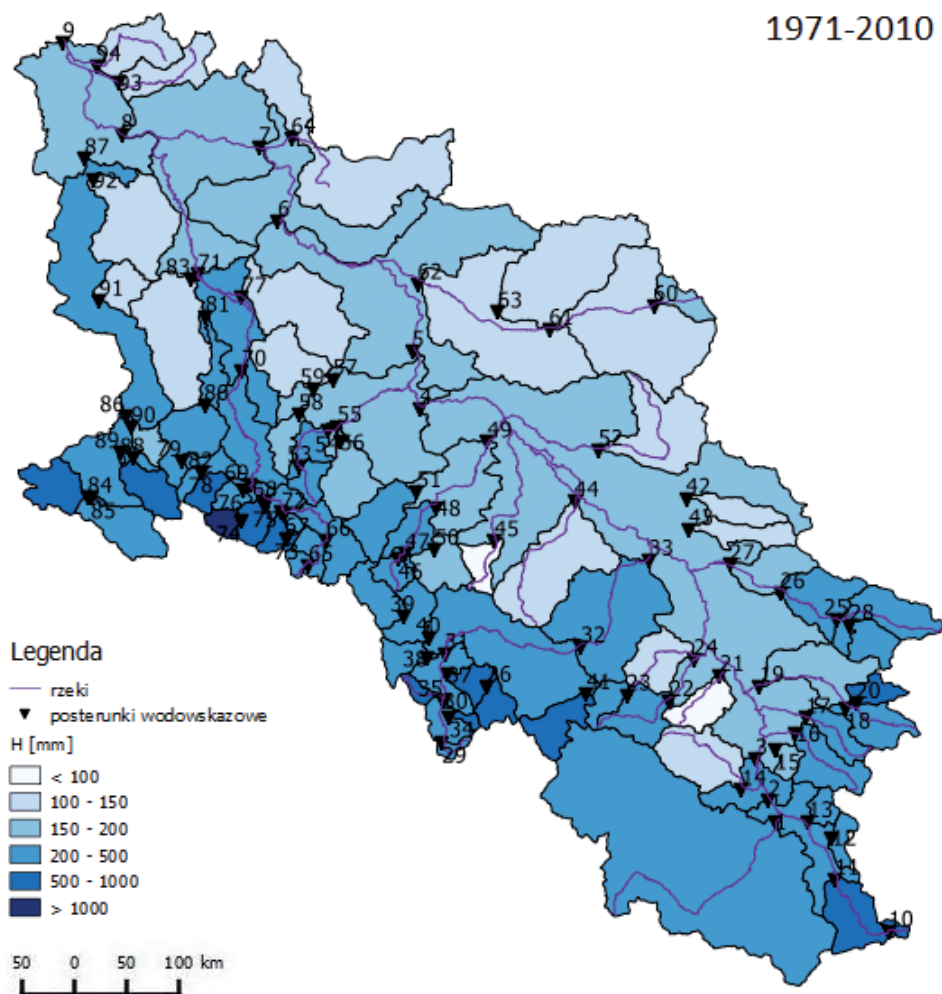
Ryc. 4. Różnice odpływów w negatywnej fazie  $NAO_{DJFM}$  od wartości przeciętnych w kwietniu oraz ich istotność statystyczna

Fig. 4. Differences in the outflow in April between a negative phase of the  $NAO_{DJFM}$  and the average values, and their statistical significance

dolnej Baryczy z Orlą i Pliszki. Jedynie w dwóch zlewniach odpływ w tej fazie  $NAO_{DJFM}$  jest nieznacznie wyższy niż przeciętnie, ale statystycznie nieistotny – Ilanka, Bytomka.

W negatywnej fazie  $NAO_{DJFM}$  w 90 zlewniach obserwuje się wyższy roczny odpływ niż przeciętnie w latach 1971–2010, z czego w 38 zlewniach (42,2%) różnice odpływu są statystycznie istotne ( $p < 0,05$ ). Zaobserwowano wówczas wzrost odpływu od 0 do 100 mm (ryc. 7). Zidentyfikowane różnice są jednak często statystycznie nieistotne. Tak jest w przypadku większości zlewni górnych

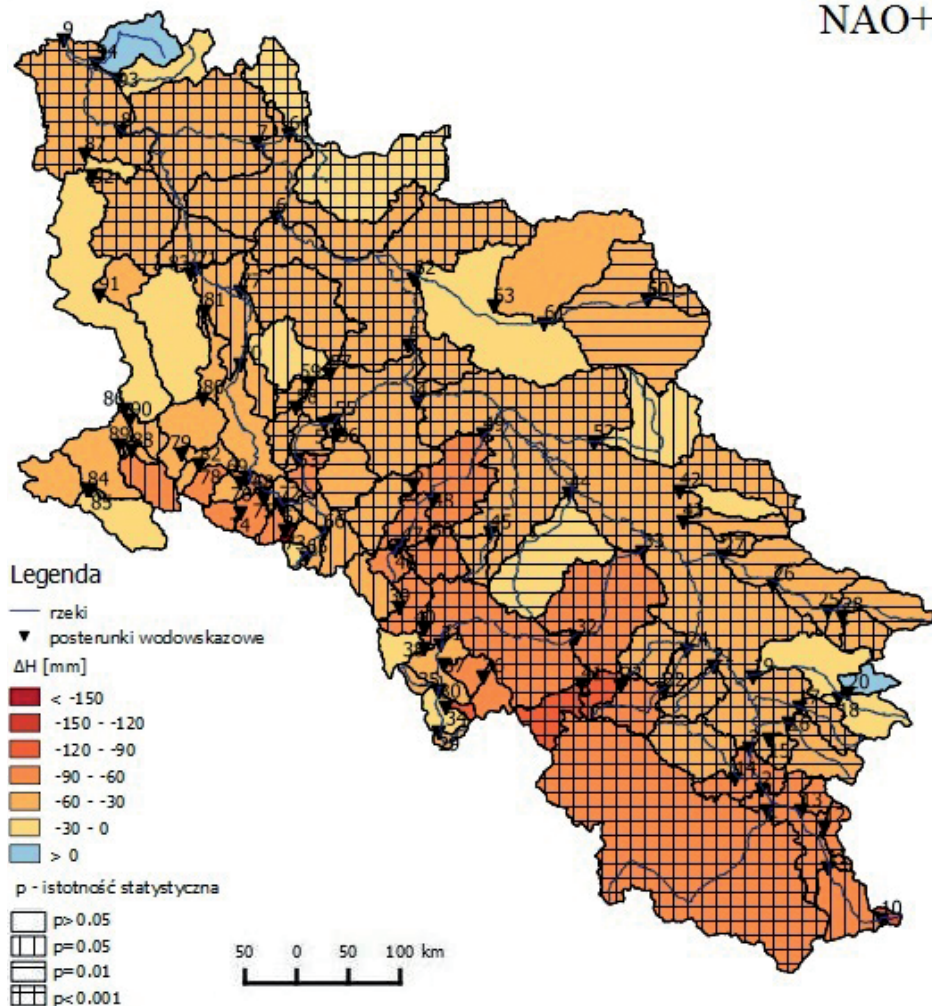




Ryc. 5. Przeciętne wartości odpływu rocznego w latach 1971–2010  
 Fig. 5. Average values of the annual outflow in the years 1971–2010

odcinków sudeckich dopływów Odry oraz jej prawych dopływów. Większość statystycznie istotnych różnic ( $p < 0,05$ ) w odpływie rocznym dotyczy samej Odry. Najbardziej istotne statystycznie różnice ( $p < 0,01$ ) pojawiają się tylko w przypadku odpływu Osobłogi, środkowej i dolnej Nysy Kłodzkiej, Oławy i Bystrzycy. Tylko dla czterech zlewni obserwuje się spadek odpływów rocznych w stosunku do wartości średnich wieloletnich (Pliszka, Ilanka, Skroda, górny Bóbr).

NAO+



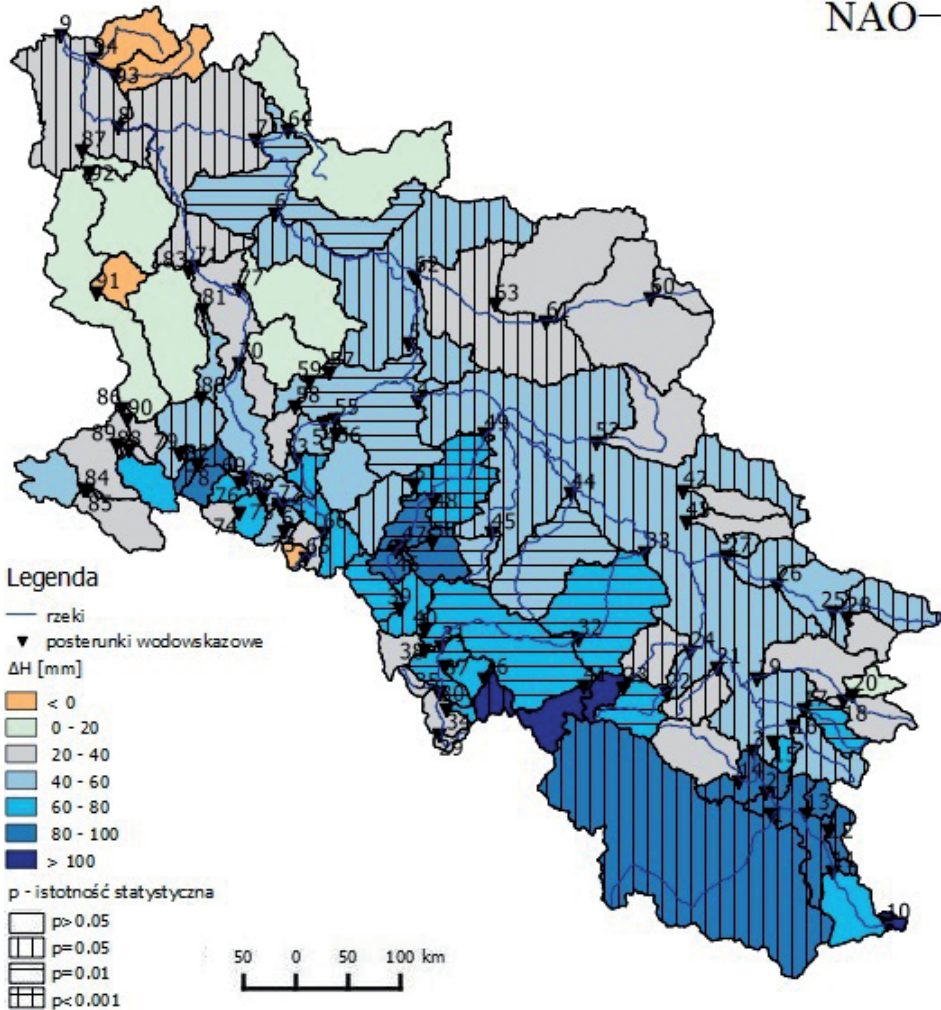
Ryc. 6. Różnice rocznych odpływów w pozytywnej fazie  $NAO_{DJFM}$  od wartości przeciętnych rocznych oraz ich istotność statystyczna

Fig. 6. Differences in annual outflows between a positive  $NAO_{DJFM}$  phase and the average values, and their statistical significance

## PODSUMOWANIE

W pracy zbadano wpływ zmian natężenia Oscylacji Północnoatlantyckiej na odpływ rzek w zlewni górnej i środkowej Odry. Do analizy wykorzystano dane hydrometryczne z wielolecia 1971–2010 dla 94 posterunków wodowskazowych zlokalizowanych na 53 rzekach. Analiza potwierdziła, że wpływ Oscylacji Północnoatlantyckiej na wysokość odpływów miesięcznych i rocznych rzek

NAO-



Ryc. 7. Różnice rocznych odpływów w negatywnej fazie  $NAO_{DJFM}$  od wartości przeciętnych rocznych oraz ich istotność statystyczna

Fig. 7. Differences in annual outflows between a negative  $NAO_{DJFM}$  phase and the average values, and their statistical significance

na badanym obszarze jest zróżnicowany. Przestrzenne zróżnicowanie zmian odpływu rzecznego w różnych fazach NAO w stosunku do wartości przeciętnych na obszarach górskich świadczy o silnym wpływie środowiska przyrodniczego zlewni na modyfikowanie warunków odpływu. Z tego względu, choć kierunek zmian odpływu w różnych fazach NAO jest podobny, istotność statystyczna zaobserwowanych różnic w odpływach zarówno miesięcznych, jak i rocznych w różnych częściach badanego obszaru jest różna. W ujemnej fazie  $NAO_{DJFM}$  wyższy odpływ niż w okresie przeciętnym obserwuje się od marca

do października. Najwyższe i najbardziej istotne statystycznie różnice w odpływach miesięcznych odnotowuje się najczęściej w kwietniu. W fazie pozytywnej  $NAO_{DJFM}$  we wszystkich miesiącach roku z wyjątkiem marca odpływ jest niższy od wartości przeciętnych wieloletnich, a największe różnice obserwowane są na większości rzek w okresie letnim w lipcu i sierpniu.

Wpływ zmian natężenia Oscylacji Północnoatlantyckiej obserwuje się także w przypadku odpływów rocznych. W pozytywnej fazie  $NAO_{DJFM}$  średni roczny odpływ na zdecydowanej większości badanych rzek (92 zlewnie) maleje w stosunku do średniego rocznego odpływu w latach przeciętnych. Istotny statystycznie spadek odpływu rocznego dotyczy aż 63% przypadków. Natomiast w negatywnej fazie  $NAO_{DJFM}$  średnie wartości odpływu wzrastają (90 zlewni). Dla około 42% zlewni wzrost ten jest istotny statystycznie. Obliczone różnice odpływu w pozytywnej fazie  $NAO_{DJFM}$  wykazują większą istotność statystyczną niż różnice w ujemnej fazie  $NAO_{DJFM}$ . Rezultaty badań potwierdzają wniośki wynikające z pracy Wrześnińskiego (2013a), że na rzekach w dorzeczu Odry w negatywnej fazie  $NAO_{DJFM}$  obserwuje się odpływy wyższe (do 10%, lokalnie o ponad 20%) niż przeciętne odpływy roczne, a w pozytywnej fazie  $NAO_{DJFM}$  są one niższe od przeciętnych.

## LITERATURA

- Atlas Rzeczypospolitej Polskiej*, 1997: Główny Geodeta Kraju, Warszawa.
- Hurrell J.W., 1995: *Decadal Trends in the North Atlantic Oscillation, Regional Temperatures and Precipitation*, Science, 269, 676–679.
- Kaczmarek Z., 2002: *Wpływ Oscylacji Północnoatlantyckiej na przepływy rzek europejskich*, [w:] A. Marsz, A. Styszyńska (red.), *Oscylacja Północnego Atlantyku i jej rola w kształtowaniu zmienności warunków klimatycznych i hydrologicznych Polski*, Akademia Morska w Gdyni, Gdynia, 163–172.
- Kaczmarek Z., 2003: *The Impact Climate Variability on Flood Risk in Poland*, Risk Anal., 23, 559–566.
- Limanówka D., Nieckarz Z., Pociask-Karteczka J., 2002: *The North Atlantic Oscillation impact on hydrological regime in Polish Carpathians*, [w:] *Interdisciplinary Approaches in Small Catchment Hydrology: Monitoring and Research*, FRIEND International Conference, Demanowska Dolina, 132–13.
- Marsz A., Styszyńska A., 2001: *Oscylacja Północnego Atlantyku a temperatura powietrza nad Polską*, Wyższa Szkoła Morska w Gdyni, Gdynia.
- Pociask-Karteczka J., Limanówka D., Nieckarz Z., 2002–2003: *Wpływ Oscylacji Północnoatlantyckiej na przepływy rzek karpackich (1951–2000)*, Folia Geographica, 33–34.
- Styszyńska A., 2002: *Związki między przepływem Warty w Poznaniu a zimowymi wskaźnikami NAO w okresie 1865–2000*, [w:] A. Marsz, A. Styszyńska (red.), *Oscylacja Północnego Atlantyku i jej rola w kształtowaniu zmienności warunków klimatycznych i hydrologicznych Polski*, Akademia Morska w Gdyni, Gdynia, 173–180.
- Styszyńska A., Tamulewicz J., 2004: *Warta river discharges in Poznań and atmospheric circulation in the North Atlantic region*, Quaestiones Geographicae, 23, 61–81.
- Wrześniński D., 2008: *Impact of the North Atlantic Oscillation on river runoff in Poland*, IWRA 13th World Water Congress Montpellier, France, 1–4 September.

- Wrzesiński D., 2010: *Odptyw rzek w Polsce w różnych fazach Oscylacji Północnoatlantyckiej*, Badania Fizjograficzne R. I., Seria A – Geografia Fizyczna (A61), PTPN, Poznań, 129–144.
- Wrzesiński D., 2010a: *Przestrzenne zróżnicowanie stabilności reżimu odpływu rzek europejskich*, Bogucki Wyd. Nauk., Poznań.
- Wrzesiński D., 2013: *Uncertainty of flow regime characteristics of rivers in Europe*, Quaestiones Geographicae, 32(1), 43–53.
- Wrzesiński D., 2013a: *Entropia odpływu rzek w Polsce*, Bogucki Wyd. Nauk., Poznań.
- Wrzesiński D., Ogór T., Plewa K., 2015: *Wpływ Oscylacji Północnoatlantyckiej na przepływy rzek w dorzeczu Górnej Wisły*, Badania Fizjograficzne R. VI., Seria A – Geografia Fizyczna (A66), PTPN, Poznań, 195–203.