

**WPLYW OSCYLACJI PÓŁNOCNOATLANTYCKIEJ  
NA ZMIENNOŚĆ WARUNKÓW WILGOTNOŚCIOWYCH, RADIACYJNYCH,  
DYNAMICZNYCH I EWAPORACYJNYCH WE WROCŁAWIU-SWOJCU  
W LATACH 1946-2000**

Krystyna Bryś, Tadeusz Bryś

Akademia Rolnicza we Wrocławiu  
Instytut Kształtowania i Ochrony Środowiska, Zakład Agro- i Hydrometeorologii

### **Wstęp**

W badaniach nad wpływem Oscylacji Północnoatlantyckiej (NAO) na kształtowanie warunków klimatycznych zdecydowanie przeważają prace dotyczące aspektów cyrkulacyjnych oraz wpływu NAO na temperaturę i opady (m.in. Hurrell 1995, Hurrell i van Loon 1997, Rogers 1997, Marsz 1999, Wibig 1999a i b, 2000, Żmudzka 1999, Degirmendźić, Kożuchowski i Wibig 2000, Kożuchowski 2000, Marshall i in. 2001, Marsz i Styszyńska 2001). Brakuje natomiast badań (lub jest to akcentowane w słabym stopniu) nad związkami innych podstawowych elementów meteorologicznych (wilgotności powietrza, prędkości i struktury wiatru, parowania wskaźnikowego, stosunków solarno-radiacyjnych) oraz parametrów hydrologicznych (bilansu wodnego i jego składników) z NAO. Taka koncentracja zainteresowań wynika najprawdopodobniej z trudności w uzyskaniu odpowiednich materiałów obserwacyjnych lub braku dostępu do homogenicznych, wieloletnich serii pomiarowych.

Niniejsze opracowanie dąży do częściowego wypełnienia luki w tym zakresie. W pracy przeanalizowano wieloletnie (1946-2000) związki korelacyjne (synchroniczne i asynchroniczne) różnych indeksów NAO opublikowanych przez Hurrella (2002) oraz Jonesa i in. (2002) z niedosytem wilgotności, opadem, poziomem wody gruntowej, sumami miesięcznymi promieniowania całkowitego, prędkością wiatru, parowaniem z wolnej powierzchni wody oraz z klimatycznym bilansem wodnym mierzonymi w Obserwatorium Agro- i Hydrometeorologicznym Akademii Rolniczej we Wrocławiu-Swojcu. Tak przyjęty zakres pracy ma na celu określenie przyczyn występowania obserwowanych międzysezonowych i długoletnich zmian w wymienionych wielkościach. Zmienność tych elementów meteorologicznych i parametrów hydrologicznych współdecyduje, wraz z innymi, nie analizowanymi tu czynnikami, o klimatycznych uwarunkowaniach produkcji rolnej, a zwłaszcza o bilansie wodnym i radiacyjnym.

### **Materiały i metody badań**

Wyjściowymi materiałami, na których opiera się ta praca są sumy miesięczne lub średnie miesięczne: promieniowania całkowitego (**G**), niedosytu wilgotności (**d**), parowania wskaźnikowego (**E**),

opadu (**P**), prędkości wiatru (**V**) oraz poziomu wody gruntowej (**Pwg**), uzyskane głównie z pomiarów terminowych (06, 12, 18 GMT) wykonywanych w okresie od maja 1947 do grudnia 2000 roku<sup>1</sup> w Obserwatorium Agro- i Hydrometeorologicznym Wrocław-Swojec.

Brakujące dane z wcześniejszego okresu (II.1946 - IV.1947), z wyjątkiem poziomu wody gruntowej, uzupełniono drogą interpolacji lub regresji z pobliskich stacji. Te mniej pewne dane z początku szeregu obserwacyjnego nie powinny mieć wpływu na ostateczny wynik analizy.

Szeregi obserwacyjne wartości promieniowania całkowitego (**G**), parowania wskaźnikowego (**E**) i klimatycznego bilansu wodnego (**P - E**) obejmują okres od roku 1961 do 2000. Wcześniejsze wartości tych elementów (1946-1960) zostały odtworzone<sup>2</sup>. Parowanie wskaźnikowe w okresie lat 1961-2000 było mierzone wagą Wilda, zainstalowaną na wysokości 0.5 m nad poziomem gruntu pod osłoną żaluzjowego daszka.

Należy podkreślić, że Obserwatorium Wrocław-Swojec znajduje się poza strefą wpływów tzw. "miejskiej wyspy ciepła" i ma charakter reprezentatywny dla rolniczych obszarów nizinnej części Dolnego Śląska.

Wykorzystane w analizie korelacyjnej chronologiczne ciągi wybranych indeksów NAO Hurrella, Jonesa i in. oraz Rogersa pochodzą z ogólnie dostępnych zbiorów danych opublikowanych w Internecie (Hurrell 2002, Jones i in. 2000). W badaniach, obejmujących korelacje asynchroniczne i quasi-synchroniczne (z indeksami sezonowymi), użyto dwóch sezonowych alternatywnych indeksów Hurrella – zimowego (Lizbona – Stykkisholmur/Reykjavik, grudzień-marzec; DJFM) oznaczanego dalej jako NAO(H), oraz jego analogu wyznaczonego z pola ciśnienia nad obszarem 20–70°N, 90°W–40°E metodą składowej głównej EOF (empirycznych funkcji ortogonalnych), oznaczanego dalej jako PC(H). Oprócz tych wskaźników posłużono się również indeksami sezonowymi Rogersa (Ponta Delgada – SW Islandia), oznaczanymi w pracy jako s(R). W badaniach związków synchronicznych wykorzystano miesięczne wskaźniki NAO Rogersa, które oznaczono jako m(R) oraz miesięczne indeksy NAO Jonesa i in. (1997; Gibraltar – SW Islandia), oznaczanymi dalej jako m(J).

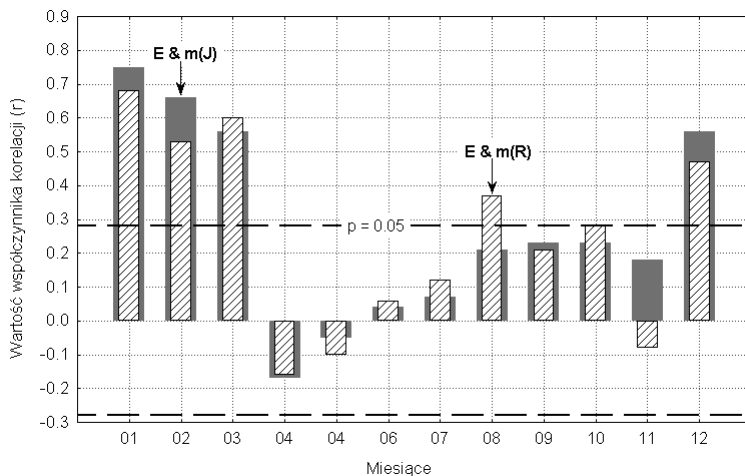
Analiza obejmuje zarówno określenie siły związków korelacyjnych i ich istotności statystycznej dla całego badanego okresu, jak i porównanie pod tym względem dwóch wieloleci, tożsamyh z przeciwstawnymi pod względem znaków epokami NAO: 1946-1971 (epoka fazy negatywnej NAO) i 1972-2000 (epoka pozytywnej fazy NAO). Przyjęcie roku 1971 jako kończącego pierwszą epokę, a nie cezury roku 1970 (Marsz i Styszyńska 2001) spowodowane zostało faktem, że test t - Studenta – zastosowany do oceny różnicowania średnich indeksów miesięcznych Rogersa m(R) i Jonesa m(J) wskazał największą istotność dla tak wydzielonych okresów.

---

<sup>1</sup> Poziom wody gruntowej (**Pwg**) był obserwowany w okresie od 1948 do 2000 roku.

<sup>2</sup> Usłonecznienie (S), niezbędne dla obliczenia natężenia promieniowania całkowitego (G), dla okresu od II.1946 do XII.1960 określono drogą dopasowania statystycznego (równania regresji) z wyników pomiarów w pobliskim (odległość 5.5 km) Obserwatorium Zakładu Meteorologii i Klimatologii Uniwersytetu Wrocławskiego (Wrocław-Sępolino). Współczynniki determinacji ( $R^2$ ) tych równań wynosiły od 0.99 do 0.98. Dzielne wartości usłonecznienia posłużyły do obliczenia sum miesięcznych promieniowania całkowitego (G) za pomocą wzoru Blacka, z wykorzystaniem optymalnych dla Wrocławia współczynników regresji (Bryś i Bryś 2001b). Przy wykorzystaniu obliczonych wartości G i innych mierzonych na stacji Wrocław-Swojec elementów meteorologicznych obliczono następnie brakujące dla okresu 1946-1960 wartości parowania wskaźnikowego (E), co z kolei umożliwiło określenie klimatycznego bilansu wodnego ( $P - E$ ) dla tego samego okresu.

Progami istotności dla tak analizowanych przedziałów czasowych, przy założonym minimalnym poziomie istotności  $\alpha = 0.05$  są:  $r$  (współczynnik korelacji) = 0.27 dla całego wielolecia,  $r = 0.28$  dla okresu 1948-2000,  $r = 0.38$  dla okresu 1972-2000,  $r = 0.40$  dla okresu 1946-1971 i  $r = 0.42$  dla okresu lat 1948-1971.



Rys. 1. Wartości współczynników korelacji między miesięcznymi wartościami parowania wskaźnikowego (E) na stacji Wrocław-Swojec a miesięcznymi indeksami NAO Rogersa (m(J)) i Jones'a i in. (m(J)). Okres 1946-2000. Oznaczony poziom istotności  $p = 0.05$

Indeksy NAO(H) i PC(H) są ze sobą silnie dodatnio skorelowane ( $r = 0.92$ ), podobnie ma się sprawa z indeksami miesięcznymi NAO Jonesa i in. oraz Rogersa, choć w tym przypadku współczynniki korelacji między nimi są nieco słabsze, nadto zaznacza się zróżnicowane siły korelacji między tymi indeksami w poszczególnych miesiącach. To powoduje, że i korelacje z badanymi elementami meteorologicznymi wykazują, w zależności od indeksu (NAO(H) i PC(H) oraz m(R) i m(J)) i miesiąca, ogólnie podobne przebiegi (patrz rys. 1).

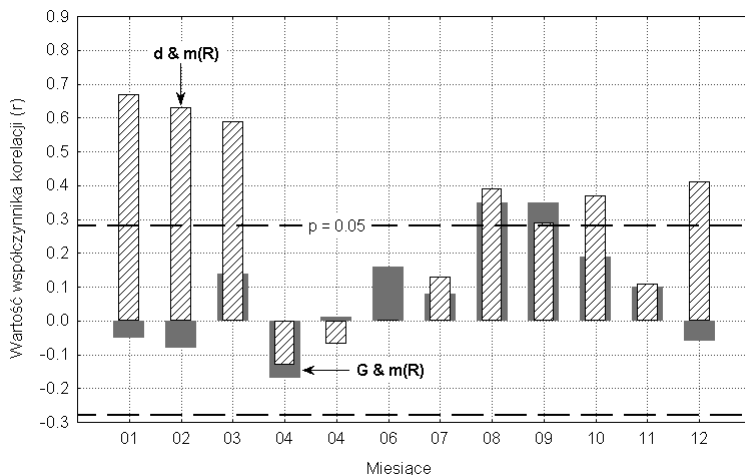
### Synchroniczne i "quasi-synchroniczne" związki między badanymi elementami meteorologicznymi i hydrologicznymi a wskaźnikami NAO

Jedynie zgodne czasowo wykorzystanie indeksów miesięcznych m(J) i m(R) w korelacjach z badanymi parametrami nosi znamiona pełnej synchroniczności. Korelowanie indeksów NAO Hurrella z kolejnymi miesięcznymi wartościami rozpatrywanych parametrów w tym samym roku ma cechy bądź związków mieszanych, obejmujących składową synchroniczną (rozpatrywany miesiąc, od I do III) i asynchroniczną (pozostałe miesiące tworzące indeks), bądź posiada charakter asynchroniczny (miesiące IV-XII). Podobna do pierwszej, mieszana sytuacja dotyczy sezonowego, ruchomo uśredniającego 3 miesiące (aktualny i dwa poprzedzające), indeksu NAO Rogersa. Jednakże w tym przypadku, ze względu na ruchomy, stale aktualizowany do rozpatrywanego miesiąca, charakter indeksu

można uznawać go za “quasi-synchroniczny”. Natomiast, aktualnym indeksom Hurrella użytym do analiz korelacyjnych – tylko z marcem można nadać cechy równoczesności, a z miesiącami I-II cechy quasi-synchroniczne. Korelacje tego indeksu dla pozostałych miesięcy tego samego roku mają już naturę prognostyczną – wykrywa się związki między wartościami indeksu a wartościami parametru meteorologicznego czy hydrologicznego, które dopiero mają nastąpić. Z tego względu, zastosowanie dla takich korelacji określenie “asynchroniczne” wydaje się być właściwe, mimo, że indeksy Hurrella pochodzą z tego samego roku co korelowane miesiące.

### Charakter związków synchronicznych i quasi-synchronicznych w wieloleciu 1946/48-2000

Tak rozumiane, jako synchroniczne, najmocniejsze związki korelacyjne ( $r > 0.7$ ) w wieloleciu 1946-2000 występują w lutym i marcu między  $m(J)$  a niedosytem wilgotności ( $d$ ) i parowaniem ( $E$ ); patrz tab. 1, rys. 1 i 2. Podobnej mocy ( $r > 0.65$ ) są w tych miesiącach więzi  $E$  i  $d$  ze wskaźnikami  $m(R)$ . W marcu natomiast najsilniejsze związki quasi-synchroniczne ( $r > 0.65$  dla  $d$  oraz  $r \geq 0.60$  dla  $E$ ) dotyczą indeksów sezonowych, zwłaszcza wskaźnika Rogersa dla stycznia, lutego i marca [JFM( $R$ )] ( $r = 0.68$  z  $d$ ). Stosunkowo mocne są także grudniowe związki między  $m(J)$  a  $E$  ( $r = 0.56$ ) oraz między sezonowym wskaźnikiem Rogersa z października, listopada i grudnia a  $d$  ( $r = 0.53$ ). Podobnie jak w przypadku korelacji z temperaturą (Marsz i Styszyńska 2001) najsilniejsze związki korelacyjne  $d$  (niedosytu wilgotności) i  $E$  (parowania) występują zatem w okresie zimowym (grudzień do marca) z kulminacją styczniowo-lutową. Najwyraźniejsze są te związki ze wskaźnikiem miesięcznym Jonesa (rys. 3), rejestrującym zmiany gradientu barycznego między Gibraltarem a SW Islandią.

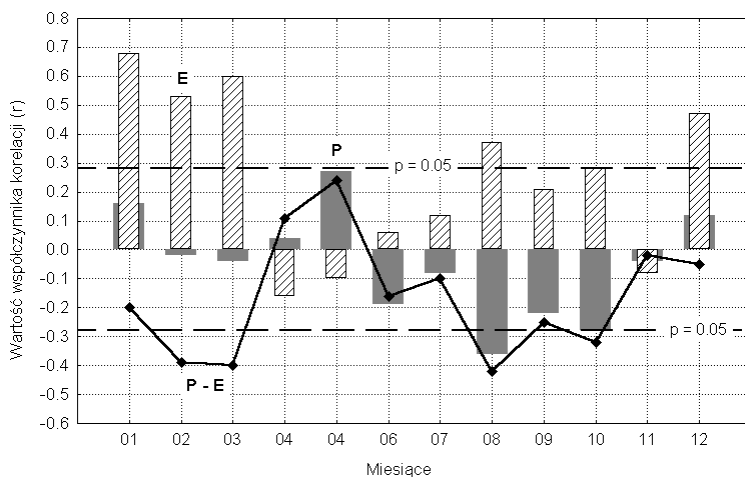


Rys. 2. Wartości współczynników korelacji między miesięcznymi wartościami niedosytu wilgotności ( $d$ ) i miesięcznymi sumami promieniowania całkowitego ( $G$ ) mierzonymi na stacji Wrocław-Swojec a miesięcznymi wskaźnikami NAO Rogersa (1946-2000). Oznaczony poziom istotności  $p = 0.05$

Tabela 1

Współczynniki korelacji liniowej wybranych indeksów NAO z: **G, d, v, P, E, P-E, Pwg** w Obserwatorium Wrocław-Swojec w latach 1946-2000 (z *Pwg* 1948-2000). Oznaczenia indeksów NAO – patrz tekst

Element	Indeks	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
<b>1946-2000</b>													
<b>G</b>	m(J)	-0.07	-0.10	0.20	-0.15	0.06	0.08	0.07	<b>0.29</b>	<b>0.27</b>	0	0.05	-0.12
<b>G</b>	m(R)	-0.05	-0.08	0.14	-0.17	0.01	0.16	0.08	<b>0.35</b>	<b>0.35</b>	0.19	0.10	-0.06
<b>G</b>	s(R)	0.01	-0.06	0.22	-0.17	0.03	0.04	0.06	0.13	0.11	0.14	0.17	-0.13
<b>G</b>	NAO(H)	-0.07	-0.12	0.15	0.11	0.25	0.05	0.20	<b>0.42</b>	-0.10	0.03	0.14	0.10
<b>G</b>	PC(H)	-0.09	-0.06	0.15	0.12	0.21	0.13	0.18	<b>0.52</b>	-0.03	0.04	0.10	0.13
<b>1946-2000</b>													
<b>d</b>	m(J)	<b>0.69</b>	<b>0.71</b>	<b>0.53</b>	-0.16	-0.07	0.03	0.06	<b>0.27</b>	0.23	0.17	<b>0.32</b>	<b>0.49</b>
<b>d</b>	m(R)	<b>0.67</b>	<b>0.63</b>	<b>0.59</b>	-0.13	-0.07	0	0.13	<b>0.39</b>	<b>0.29</b>	<b>0.37</b>	0.11	<b>0.41</b>
<b>d</b>	s(R)	<b>0.60</b>	<b>0.58</b>	<b>0.68</b>	-0.02	-0.09	-0.08	0.10	0.10	0.21	0.25	0.16	<b>0.53</b>
<b>d</b>	NAO(H)	<b>0.63</b>	<b>0.57</b>	<b>0.66</b>	<b>0.37</b>	<b>0.40</b>	0.23	<b>0.47</b>	<b>0.54</b>	<b>0.31</b>	<b>0.43</b>	0.12	<b>0.34</b>
<b>d</b>	PC(H)	<b>0.65</b>	<b>0.56</b>	<b>0.65</b>	<b>0.42</b>	<b>0.35</b>	<b>0.29</b>	<b>0.42</b>	<b>0.56</b>	<b>0.33</b>	<b>0.43</b>	0.10	<b>0.31</b>
<b>1946-2000</b>													
<b>v</b>	m(J)	0.22	0.13	-0.07	<b>0.27</b>	0	0.10	0.04	-0.10	0.08	0.07	-0.02	0.22
<b>v</b>	m(R)	0.18	0.01	-0.13	0.20	-0.14	-0.03	0.09	-0.08	-0.12	-0.15	<b>-0.28</b>	0.13
<b>v</b>	s(R)	0.09	-0.15	-0.19	-0.08	0.07	-0.01	0.13	-0.06	-0.11	0.01	-0.17	0.07
<b>v</b>	NAO(H)	-0.02	-0.10	-0.18	-0.19	<b>-0.35</b>	<b>-0.27</b>	-0.12	<b>-0.29</b>	<b>-0.28</b>	-0.02	-0.26	-0.11
<b>v</b>	PC(H)	0.04	-0.10	-0.19	-0.18	<b>-0.35</b>	-0.26	-0.15	<b>-0.30</b>	<b>-0.30</b>	-0.08	<b>-0.28</b>	-0.12
<b>1946-2000</b>													
<b>P</b>	m(J)	0.21	0.16	-0.01	0.12	0.10	-0.24	-0.20	<b>-0.27</b>	-0.19	-0.19	-0.07	<b>0.31</b>
<b>P</b>	m(R)	0.16	-0.02	-0.04	0.04	0.27	-0.19	-0.08	<b>-0.36</b>	-0.22	<b>-0.28</b>	-0.04	0.12
<b>P</b>	s(R)	0.08	-0.19	-0.06	-0.02	0.03	-0.05	-0.11	-0.16	-0.02	0.02	-0.18	0.17
<b>P</b>	NAO(H)	0.19	-0.01	0.10	-0.02	-0.15	0.08	-0.04	<b>-0.29</b>	0.02	0.03	-0.10	0
<b>P</b>	PC(H)	0.12	-0.11	0.02	-0.02	-0.08	0.06	0	<b>-0.39</b>	-0.02	-0.04	-0.04	-0.05
<b>1946-2000</b>													
<b>E</b>	m(J)	<b>0.75</b>	<b>0.66</b>	<b>0.56</b>	-0.17	-0.05	0.04	0.07	0.21	0.23	0.23	0.18	<b>0.56</b>
<b>E</b>	m(R)	<b>0.68</b>	<b>0.53</b>	<b>0.60</b>	-0.16	-0.10	0.06	0.12	<b>0.37</b>	0.21	<b>0.28</b>	-0.08	<b>0.47</b>
<b>E</b>	s(R)	<b>0.57</b>	<b>0.41</b>	<b>0.61</b>	0.03	0.05	0.01	0.13	0.12	0.14	0.21	0.10	<b>0.55</b>
<b>E</b>	NAO(H)	<b>0.58</b>	<b>0.45</b>	<b>0.61</b>	<b>0.41</b>	<b>0.35</b>	0.16	<b>0.37</b>	<b>0.43</b>	0.12	<b>0.36</b>	-0.22	0.21
<b>E</b>	PC(H)	<b>0.57</b>	<b>0.45</b>	<b>0.60</b>	<b>0.50</b>	<b>0.33</b>	0.26	<b>0.33</b>	<b>0.46</b>	0.14	<b>0.36</b>	-0.26	0.15
<b>1946-2000</b>													
<b>P-E</b>	m(J)	-0.19	<b>-0.32</b>	<b>-0.36</b>	0.16	0.09	-0.19	-0.17	<b>-0.29</b>	-0.23	-0.23	-0.12	0.12
<b>P-E</b>	m(R)	-0.20	<b>-0.39</b>	<b>-0.40</b>	0.11	0.24	-0.16	-0.10	<b>-0.42</b>	-0.25	<b>-0.32</b>	-0.02	-0.05
<b>P-E</b>	s(R)	-0.22	<b>-0.46</b>	<b>-0.43</b>	-0.03	0	-0.04	-0.13	-0.17	-0.07	-0.05	-0.19	-0.02
<b>P-E</b>	NAO(H)	-0.12	<b>-0.32</b>	<b>-0.30</b>	-0.22	-0.25	-0.01	-0.17	<b>-0.39</b>	-0.03	-0.09	-0.02	-0.07
<b>P-E</b>	PC(H)	-0.18	<b>-0.41</b>	<b>-0.35</b>	<b>-0.27</b>	-0.18	-0.07	-0.12	<b>-0.48</b>	-0.07	-0.14	0.04	-0.10
<b>1948-2000</b>													
<b>Pwg</b>	m(J)	0.07	-0.12	-0.21	-0.23	-0.12	0.03	0.16	0.19	-0.03	-0.04	-0.06	0.06
<b>Pwg</b>	m(R)	0	0	-0.13	-0.05	-0.05	0.14	0.15	<b>0.42</b>	0.16	0.04	0.01	0.15
<b>Pwg</b>	s(R)	0.06	-0.01	0	0.07	0	-0.01	<b>0.39</b>	<b>0.28</b>	0.27	0.10	0.18	0.16
<b>Pwg</b>	NAO(H)	-0.10	-0.17	-0.15	0.12	0.26	0.23	0.19	0.24	<b>0.32</b>	<b>0.29</b>	0.21	0.13
<b>Pwg</b>	PC(H)	-0.03	-0.03	-0.01	0.19	<b>0.32</b>	<b>0.28</b>	0.22	0.27	<b>0.38</b>	<b>0.38</b>	<b>0.28</b>	0.19



Rys. 3. Kształtowanie się związków między miesięcznymi wskaźnikami NAO Rogersa a opadem (P) parowaniem (E) i klimatycznym bilansem wodnym (P - E) na stacji Wrocław-Swojec (1946-2000). Oznaczone na rysunku (nieopisane) poziomy istotności  $p = 0.05$

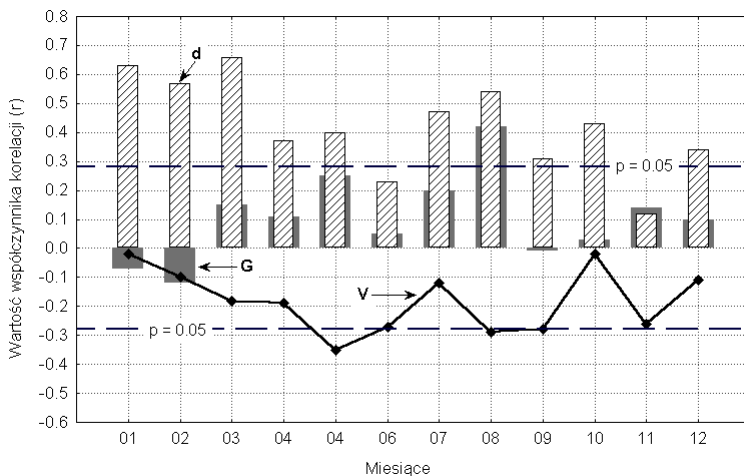
Po okresie wiosennej przebudowy pola barycznego nad Atlantykiem ponownie silniejsze statystycznie relacje NAO z **d** i **E** pojawiają się w okresie letnim i sierpniową wtórną kulminacją siły związku ( $r = 0.39$  z **d**), którą mocniej niż indeks Jonesa podkreśla wskaźnik miesięczny Rogersa (patrz rys. 1), opisujący zmienność gradientu barycznego między Azorami a Islandią. Na taką sytuację ma wpływ sezonowa zmiana wzajemnego usytuowania głównych centrów barycznych Północnego Atlantyku - Niżu Islandzkiego i Wyżu Azorskiego. Indeks miesięczny Rogersa w sposób wyraźniejszy notuje również listopadowe osłabienie korelacji, stanowiące odbicie, krótszej niż wiosenna (IV-VI), późno-jesiennej przebudowy pola barycznego.

Słabsze więzi synchroniczne, lecz także istotne statystycznie (poza prędkością wiatru – **V**, gdyż jedynie w listopadzie w relacji z  $m(R)$  współczynnik korelacji przekracza próg istotności statystycznej ( $r = -0.28$ ) dotyczą pozostałych rozpatrywanych parametrów. Dla opadu (**P**) na stacji Wrocław-Swojec okresem najsilniejszych związków korelacyjnych jest sierpień ( $r = -0.38$ ). Związek ten przypuszczalnie decyduje również o relacjach z klimatycznym bilansem wodnym (**P - E**), który koreluje z sierpniowym wskaźnikiem NAO Rogersa ( $r = -0.42$ ; patrz rys. 3). Klimatyczny bilans wodny, w odróżnieniu od opadów, wykazuje również wzrost siły związku w okresie luty-marzec ( $r \leq -0.43$  z  $JFM(R)$ ) i  $\leq -0.39$  z lutowym wskaźnikiem Rogersa), akcentujące mocniej jego więzi z parowaniem. Relacje miesięcznego indeksu NAO Rogersa z czynnikiem radiacyjnym (promieniowanie całkowite; **G**) są najsilniejsze w sierpniu i wrześniu ( $r = 0.35$ ) a dla poziomu wód gruntowych (**Pwg**, który wraz z opadem może być uznawany za pośredni wskaźnik wilgotności gleby) występują w okresie od sierpnia do września ( $r$  osiąga maksimum równe 0.42 w sierpniu<sup>3</sup> – patrz tabela 1).

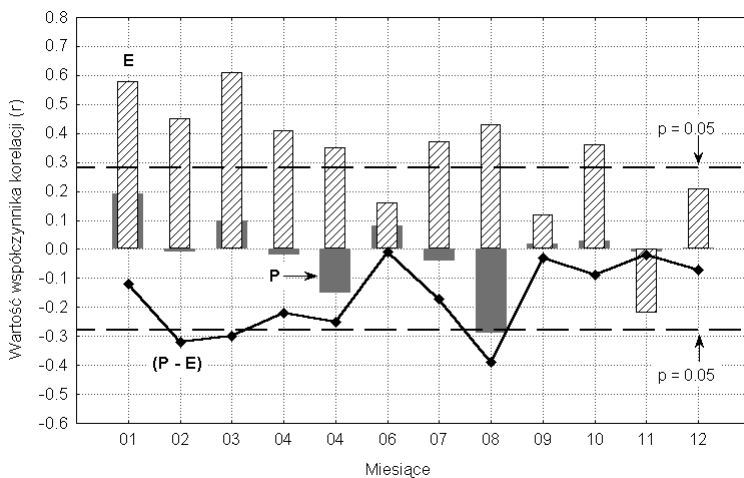
<sup>3</sup> Współczynnik korelacji jest dodatni, gdyż poziom wody gruntowej mierzy się od powierzchni terenu. Im większa głębokość lustra wody, tym większa wartość **Pwg**. Nie występuje tu sprzeczność z opisywanymi związkami między wskaźnikami NAO a **P**, **d** i **E**. Zmniejszaniu się sum opadowych, wzrostowi niedosytu wilgotności i parowania odpowiada obniżenie się poziomu wody gruntowej.

### Związki asynchroniczne w wieloleciu 1946/48-2000

W okresie wegetacyjnym (IV-IX) oraz jesiennym zwraca uwagę fakt, że najmocniejsze, istotne związki korelacyjne z omawianymi elementami reprezentowane są na ogół przez relacje z zimowymi indeksami NAO PC(H) i NAO(H), a nie miesięcznymi wskaźnikami NAO Jonesa czy miesięcznymi i sezonowymi wskaźnikami Rogersa. Szczególnie mocne i długotrwałe więzi korelacyjne dotyczą wtedy asynchronicznych relacji indeksów Hurrella z **d** oraz **E** (patrz rys. 4 i 5).

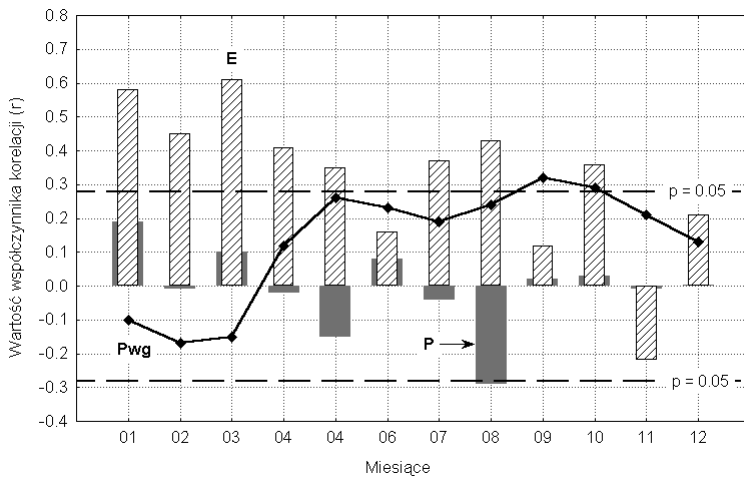


Rys. 4. Kształtowanie się związków między wskaźnikiem NAO Hurrella (DJFM; Lizbona – SW Islandia) a miesięcznymi wartościami niedosytu wilgotności (d), miesięcznymi sumami promieniowania całkowitego (G) i prędkości wiatru (V) na stacji Wrocław-Swojec (1946-2000). Oznaczony poziom istotności  $p = 0.05$



Rys. 5. Wartości współczynników korelacji między wskaźnikiem NAO Hurrella a miesięcznymi wartościami parowania wskaźnikowego (E), opadu (P) i miesięcznym klimatycznym bilansem wodnym (P - E) mierzonymi na stacji Wrocław-Swojec (1946-2000). Oznaczony poziom istotności  $p = 0.05$

Osiągają one kulminację w sierpniu, gdy PC(H) wykazuje współczynnik korelacji równy 0.56 z niedosytem wilgotności (**d**) oraz 0.46 z parowaniem wskaźnikowym (**E**). Jednocześnie w sierpniu mają miejsce równie wysokie lub względnie wysokie więzi tego indeksu z promieniowaniem całkowitym (**G**;  $r = 0.52$ ), klimatycznym bilansem wodnym (**P - E**;  $r = -0.48$ ), opadem (**P**;  $r = -0.39$ ) i prędkością wiatru (**V**;  $r = 0.30$ ). Tylko dla poziomu wód gruntowych (**Pwg**) maksimum wpływu zimowego wskaźnika NAO PC(H) przesuwa się na wrzesień i październik ( $r = 0.38$ , patrz tabela 1 i rys. 6).



Rys. 6. Wartości współczynników korelacji między wskaźnikiem NAO Hurrella a miesięcznymi wartościami parowania wskaźnikowego (**E**), opadu (**P**) i głębokości poziomu wód gruntowych (**Pwg**) na stacji Wrocław-Swojec w latach 1948-2000. Oznaczony poziom istotności  $p = 0.05$

Obok tych silnych 5-miesięcznych i nieco słabszych 4-7-miesięcznych antycypacji (patrz rys. 4, 5 i 6) obserwuje się występowanie mocnych wiosennych (IV-V) związków indeksów Hurrella z niedosytem wilgotności (**d**) i parowaniem wskaźnikowym (**E**). Jedynie w czerwcu oraz w listopadzie dla **d**, a w kwietniu, wrześniu oraz listopadzie i grudniu dla **E**, a więc w czasie wspomnianej przebudowy pól barycznych, słabnie dalekosiężny w czasie wpływ zimowych indeksów NAO. W odróżnieniu od **d** i **E**, cechą charakterystyczną związków pozostałych analizowanych parametrów z zimowymi wskaźnikami NAO jest ich słaba siła i brak istotności statystycznej w okresie zimowym (XII-III), wczesnowiosennym (IV) oraz jesiennym (X-XI). Wyjątki stanowią **P - E** (II-IV), **Pwg** (X-XI) i **V** (XI) (patrz tab. 1). Korelacje wszystkich rozpatrywanych indeksów NAO z **G**, **P**, oraz **P - E** są także stosunkowo słabe w okresie od maja do lipca.

#### Charakter związków w okresie 1946/48-1971 (epoka NAO o przewadze ujemnych wskaźników)

Podział analizowanego wielolecia na epoki NAO o występowaniu przewagi odmiennych faz indeksów Oscylacji Północnoatlantyckiej w kolejnych latach – negatywnych (1946-1971) oraz pozytywnych (1972-2000) wnosi pewne modyfikacje do zarysowanego ogólnego obrazu oddziaływań. Siła



Tabela 2

Współczynniki korelacji liniowej wybranych indeksów NAO z: **G, d, v, P, E, P-E, Pwg**  
z Obserwatorium Wrocław-Swojec w latach 1946-1971 (z Pwg 1948-1971)

Element	Indeks	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
<b>1946-1971</b>													
<b>G</b>	m(J)	-0.15	-0.20	0.35	-0.06	-0.12	0.04	0.29	0.31	0.16	0.18	0.28	0.01
<b>G</b>	m(R)	-0.03	-0.14	0.31	-0.14	0.10	0.17	-0.01	<b>0.42</b>	0.22	0.33	0.29	0.05
<b>G</b>	s(R)	0.05	-0.11	0.22	-0.04	0.31	-0.10	0.01	0.03	0.10	<b>0.42</b>	<b>0.43</b>	-0.02
<b>G</b>	NAO(H)	-0.11	-0.06	0.32	0.23	0.02	0.07	-0.09	0.25	-0.22	0.14	-0.07	0.04
<b>G</b>	PC(H)	-0.11	-0.03	0.33	0.16	-0.07	0.08	-0.05	0.32	-0.12	0.21	-0.07	0.03
<b>1946-1971</b>													
<b>d</b>	m(J)	<b>0.43</b>	<b>0.61</b>	<b>0.75</b>	-0.06	-0.15	0.18	<b>0.42</b>	-0.05	0.38	0.34	<b>0.44</b>	<b>0.53</b>
<b>d</b>	m(R)	<b>0.46</b>	<b>0.42</b>	<b>0.74</b>	-0.12	-0.03	0.17	0.18	0.30	0.38	0.36	0.10	<b>0.47</b>
<b>d</b>	s(R)	0.35	<b>0.40</b>	<b>0.47</b>	-0.07	0.28	-0.06	0.11	0.03	0.33	<b>0.55</b>	0.20	<b>0.51</b>
<b>d</b>	NAO(H)	0.37	<b>0.58</b>	<b>0.54</b>	0.19	0.03	0.13	-0.03	-0.09	0.12	0.33	-0.07	0.25
<b>d</b>	PC(H)	<b>0.43</b>	<b>0.44</b>	<b>0.56</b>	0.24	-0.16	0.09	-0.02	-0.02	0.13	0.37	-0.09	0.14
<b>1946-1971</b>													
<b>v</b>	m(J)	0.33	0.38	0.13	0.30	0	0.01	0.04	-0.14	-0.25	0.14	0.09	0.35
<b>v</b>	m(R)	<b>0.40</b>	0.28	0.19	0.23	-0.29	-0.26	0.10	-0.17	-0.36	0	-0.30	0.11
<b>v</b>	s(R)	<b>0.45</b>	0.32	0	0.06	-0.27	-0.24	0.07	-0.24	-0.18	0.08	-0.12	0.08
<b>v</b>	NAO(H)	<b>0.43</b>	<b>0.48</b>	0.26	0.18	0.07	0.10	0.33	0.29	0.03	<b>0.41</b>	-0.02	0.15
<b>v</b>	PC(H)	<b>0.43</b>	0.38	0.14	0.17	-0.05	0.05	0.23	0.17	-0.12	0.21	-0.04	0.18
<b>1946-1971</b>													
<b>P</b>	m(J)	<b>0.43</b>	0.11	-0.24	0.03	0.11	-0.12	-0.33	-0.33	-0.08	-0.29	-0.12	0.21
<b>P</b>	m(R)	0.37	-0.16	-0.33	-0.01	0.17	-0.10	-0.05	<b>-0.41</b>	-0.10	<b>-0.40</b>	-0.08	-0.04
<b>P</b>	s(R)	0.13	0	<b>-0.40</b>	0.02	-0.12	0.12	0.11	-0.16	0.12	-0.13	-0.28	0.09
<b>P</b>	NAO(H)	0.24	0.30	-0.15	0.10	-0.14	-0.07	0.17	-0.25	0.12	0.03	-0.13	0.03
<b>P</b>	PC(H)	0.11	0.02	-0.30	0.26	0.04	-0.04	0.13	-0.32	0.12	-0.18	-0.03	-0.05
<b>1946-1971</b>													
<b>E</b>	m(J)	<b>0.48</b>	<b>0.46</b>	<b>0.68</b>	-0.01	-0.11	0.03	0.35	-0.13	0.20	0.33	0.20	<b>0.57</b>
<b>E</b>	m(R)	<b>0.52</b>	0.32	<b>0.65</b>	-0.08	-0.06	0.07	0.12	0.18	0.08	0.31	-0.13	<b>0.42</b>
<b>E</b>	s(R)	<b>0.49</b>	0.36	0.30	0.09	0.33	-0.02	-0.04	-0.12	0.05	<b>0.44</b>	0.14	<b>0.45</b>
<b>E</b>	NAO(H)	<b>0.49</b>	<b>0.56</b>	<b>0.44</b>	0.21	0.12	0.18	-0.03	-0.21	-0.15	0.30	<b>-0.44</b>	0.26
<b>E</b>	PC(H)	<b>0.48</b>	<b>0.45</b>	<b>0.46</b>	0.32	-0.07	0.14	0.03	-0.01	-0.08	0.39	<b>-0.42</b>	0.17
<b>1946-1971</b>													
<b>P-E</b>	m(J)	0.25	-0.16	<b>-0.63</b>	0.02	0.12	-0.11	-0.36	-0.24	-0.13	-0.34	-0.16	0.05
<b>P-E</b>	m(R)	0.18	-0.32	<b>-0.69</b>	0.03	0.15	-0.10	-0.07	<b>-0.41</b>	-0.10	<b>-0.43</b>	-0.05	-0.18
<b>P-E</b>	s(R)	-0.05	-0.21	<b>-0.51</b>	-0.03	-0.21	0.11	0.10	-0.10	0.08	-0.24	-0.30	-0.04
<b>P-E</b>	NAO(H)	0.05	-0.04	<b>-0.40</b>	-0.03	-0.15	-0.12	0.15	-0.14	0.14	-0.07	-0.02	-0.05
<b>P-E</b>	PC(H)	-0.07	-0.23	<b>-0.54</b>	0.03	0.06	-0.08	0.10	-0.27	0.12	-0.27	0.07	-0.11
<b>1948-1971</b>													
<b>Pwg</b>	m(J)	-0.35	-0.26	-0.19	-0.21	-0.18	0.12	0.24	0.04	0.05	0.27	0.04	0.07
<b>Pwg</b>	m(R)	-0.34	-0.08	-0.05	-0.09	-0.07	0.31	0.14	0.34	0.17	0.25	0.22	0.21
<b>Pwg</b>	s(R)	-0.15	-0.29	0.10	0.22	0.06	0.25	0.35	0.27	0.30	0.39	0.40	0.01
<b>Pwg</b>	NAO(H)	-0.37	<b>-0.47</b>	-0.40	-0.15	-0.16	-0.09	-0.01	-0.10	0.10	0	-0.10	-0.13
<b>Pwg</b>	PC(H)	-0.33	-0.34	-0.20	0.03	-0.09	-0.01	0.11	0.02	0.22	0.19	0.12	0.06

korelacji synchronicznych z **d** i **E** w fazie negatywnej (patrz tab. 2) nieco wzrasta w grudniu i bardzo mocno w marcu, natomiast w styczniu i lutym wyraźnie słabnie, powodując przesunięcie rocznego maksimum siły związku na marzec, które wyznaczają relacje z m(J) (dla **d**  $r = 0.75$ , dla **E**  $r = 0.68$ ). Letnie maksimum siły związku przesuwa się w negatywnej epoce NAO w stosunku do wielolecia 1946-2000 z sierpnia na wczesną jesień (październik). Najwyraźniej jest ono związane ze wskaźnikiem sezonowym Rogersa (ASO(R)). W ślad za tymi zmianami przesuwają się również, i ulegają wzmocnieniu, korelacje między wskaźnikami sezonowymi Rogersa a klimatycznym bilansem wodnym (**P - E**). Zimowe maksimum siły związku **P - E** ze wskaźnikiem sezonowym Rogersa ulega przesunięciu z lutego na marzec ( $r = -0.69$  w marcu), a letnie maksimum z sierpnia "przechodzi" na październik.

Jesienne wzmocnienie siły związków quasi-synchronicznych dotyczy również korelacji promieniowania całkowitego (**G**) z s(R), które osiągają  $r = 0.42$  w październiku i  $r = 0.43$  w listopadzie. Obok jesiennego wzrostu siły związków odnotować należy styczniowo-lutowy wzrost siły związków prędkości wiatru z NAO, gdyż stają się one statystycznie istotne i relatywnie mocne ( $r = 0.45$  w styczniu z s(R) oraz  $r = 0.48$  w lutym z NAO(H)). Podobnie wzmacniają się związki synchroniczne **P** (opadu) z m(J) w styczniu ( $r = 0.43$ ) i z s(R) w marcu ( $r = -0.40$ ) oraz związki quasi-synchroniczne **Pwg** z NAO(H) w okresie od stycznia do marca, z maksimum w lutym ( $r = -0.47$ ).

Zanika przy tym, lub słabnie poniżej progu istotności statystycznej, antycypacyjny wpływ indeksów Hurrella. Wyjątkiem są tu jedynie jesienne korelacje z **V** ( $r = 0.41$  w październiku) i z **E** ( $r = -0.44$  w listopadzie).

#### Charakter związków w okresie 1972-2000 (epoka NAO o przewadze wskaźników dodatnich)

W epoce fazy pozytywnej NAO (1972-2000; patrz tab. 3) ogólnie biorąc, ulegają przywróceniu i wzmocnieniu relacje cechujące całe badane wielolecie (1946-2000). W odróżnieniu od wcześniejszej epoki fazy negatywnej NAO, pojawia się styczniowo-lutowa kulminacja główna siły związków między niedosytem wilgotności (**d**) i parowaniem (**E**) a NAO. Maksimum korelacji synchronicznych w okresie 1972-2000 lokuje się na poziomie  $r > 0.8$ , a więc wyższym o około 0.3 niż wartości dla stycznia i lutego w latach 1946-1971, osiągając dla związków **E** z m(J)  $r = 0.83$  w styczniu i 0.82 w lutym. Nie wiele ustępują im odpowiednie relacje **d** z m(J) –  $r = 0.79$  w styczniu i lutym oraz styczniowe związki m(R) z **d** ( $r = 0.77$ ) i **E** ( $r = 0.78$ ). W marcu oddziaływania te wyraźnie słabną (dla **d** nawet poniżej progu istotności), a do głosu dochodzą silne ( $r > 0.7$ ), większe niż w fazie negatywnej, synchroniczne związki między sezonowym wskaźnikiem NAO Rogersa. Dla **P - E** silniejszy ( $r = -0.6$ ) wpływ s(R), mocniejszy aniżeli korelacje z indeksami miesięcznymi, pojawia się już w lutym, a w marcu słabnie ( $r = -0.39$ ). Marzec w epoce fazy pozytywnej NAO oznacza się również istotnym wzmocnieniem związków między s(R) a promieniowaniem całkowitym (**G**) –  $r = 0.42$ . Ponowny wzrost siły związków między sezonowym wskaźnikiem NAO Rogersa (s(R)) a **d** i **E** występuje dopiero w grudniu.

W okresie 1972-2000 uaktywniają się także antycypacyjne relacje zimowych indeksów Hurrella. Okazują się one najbardziej efektywne dla **E** (ciąg średnich i mocnych korelacji od IV do X, z osłabieniem, nieco poniżej granicy istotności statystycznej we wrześniu) i **Pwg** (istotne związki w V i VIII-XII) oraz **P - E** (VII-IX). Związki zimowego wskaźnika NAO Hurrella z **G** i **d** przekraczają próg istotności i osiągają stosunkowo wysokie wartości wskaźników korelacji tylko w lipcu i sierpniu (między NAO(H)

Tabela 3

Współczynniki korelacji liniowej wybranych indeksów NAO z: **G, d, v, P, E, P-E, Pwg**  
w Obserwatorium Wrocław-Swojec w latach 1972-2000

Element	Indeks	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
<b>1972-2000</b>													
<b>G</b>	m(J)	0.03	0.07	0.12	-0.37	0.22	0.08	-0.11	0.26	0.25	-0.18	-0.21	-0.21
<b>G</b>	m(R)	0.04	0.05	0.13	-0.26	-0.06	0.13	0.19	0.32	0.37	0.04	-0.12	-0.16
<b>G</b>	s(R)	0.14	0.12	<b>0.42</b>	-0.27	-0.09	0.12	0.13	0.29	0.06	-0.14	-0.09	-0.23
<b>G</b>	NAO(H)	0.19	-0.09	0.18	0.11	0.36	0.20	<b>0.41</b>	<b>0.47</b>	0.20	0.01	0.15	0.20
<b>G</b>	PC(H)	0.12	0	0.16	0.18	0.34	0.34	0.33	<b>0.59</b>	0.26	-0.02	0.07	0.26
<b>1972-2000</b>													
<b>d</b>	m(J)	<b>0.79</b>	<b>0.79</b>	0.28	-0.01	0.04	0.01	-0.09	0.34	0.27	0.21	0.20	<b>0.50</b>
<b>d</b>	m(R)	<b>0.77</b>	<b>0.70</b>	0.29	0.05	-0.12	-0.06	0.19	<b>0.52</b>	0.37	<b>0.43</b>	0.07	<b>0.44</b>
<b>d</b>	s(R)	<b>0.64</b>	<b>0.56</b>	<b>0.70</b>	-0.12	-0.08	-0.03	0.21	<b>0.42</b>	0.22	0.07	0.12	<b>0.51</b>
<b>d</b>	NAO(H)	<b>0.65</b>	<b>0.45</b>	<b>0.53</b>	0.28	0.31	0.06	<b>0.51</b>	<b>0.58</b>	0.30	0.31	-0.08	0.15
<b>d</b>	PC(H)	<b>0.65</b>	<b>0.48</b>	<b>0.51</b>	0.36	0.32	0.19	<b>0.40</b>	<b>0.60</b>	0.32	0.30	-0.08	0.18
<b>1972-2000</b>													
<b>v</b>	m(J)	0.35	0.31	0.08	-0.22	-0.11	0.13	0.14	0.07	0.17	-0.17	0.03	0.23
<b>v</b>	m(R)	0.33	<b>0.38</b>	0.11	-0.14	-0.06	0.18	0.09	0.01	-0.20	-0.33	-0.24	0.18
<b>v</b>	s(R)	0.21	0.10	0.15	0.02	0.03	0.14	0.16	-0.22	-0.24	-0.11	-0.23	0.27
<b>v</b>	NAO(H)	0.14	0.05	0.01	0.06	-0.23	-0.04	0.03	-0.23	-0.17	0.01	-0.05	0.07
<b>v</b>	PC(H)	0.27	0.14	0.07	0.08	-0.14	0.01	0.02	-0.20	-0.06	0.05	-0.09	0
<b>1972-2000</b>													
<b>P</b>	m(J)	0.10	0.31	0.06	0.23	0.09	-0.33	-0.10	-0.22	-0.22	-0.10	-0.01	<b>0.39</b>
<b>P</b>	m(R)	-0.02	0.24	0	0.08	<b>0.39</b>	-0.27	-0.12	-0.33	-0.29	-0.19	0.02	0.26
<b>P</b>	s(R)	0.01	-0.21	0.01	-0.05	0.10	-0.21	-0.35	-0.20	-0.18	0.14	-0.07	0.23
<b>P</b>	NAO(H)	0.12	-0.05	0.11	-0.12	-0.12	0.13	-0.26	-0.33	-0.26	-0.03	-0.03	-0.04
<b>P</b>	PC(H)	0.09	-0.04	0.06	-0.24	-0.10	0.05	-0.13	<b>-0.46</b>	-0.31	-0.01	0.01	-0.07
<b>1972-2000</b>													
<b>E</b>	m(J)	<b>0.83</b>	<b>0.82</b>	<b>0.39</b>	-0.20	0.02	0.04	-0.06	0.32	0.24	0.19	0.20	<b>0.56</b>
<b>E</b>	m(R)	<b>0.78</b>	<b>0.72</b>	<b>0.43</b>	-0.14	-0.14	0.05	0.16	<b>0.48</b>	0.28	0.26	-0.03	<b>0.51</b>
<b>E</b>	s(R)	<b>0.65</b>	<b>0.51</b>	<b>0.74</b>	-0.08	0.02	0.03	0.27	<b>0.39</b>	0.23	0.05	0.09	<b>0.62</b>
<b>E</b>	NAO(H)	<b>0.69</b>	<b>0.46</b>	<b>0.60</b>	<b>0.47</b>	0.35	0.21	<b>0.54</b>	<b>0.60</b>	0.34	<b>0.45</b>	-0.03	0.19
<b>E</b>	PC(H)	<b>0.66</b>	<b>0.50</b>	<b>0.55</b>	<b>0.57</b>	<b>0.41</b>	<b>0.39</b>	<b>0.43</b>	<b>0.55</b>	0.31	<b>0.38</b>	-0.12	0.14
<b>1972-2000</b>													
<b>P-E</b>	m(J)	<b>-0.38</b>	<b>-0.39</b>	-0.16	0.25	0.05	-0.25	-0.04	-0.29	-0.26	-0.15	-0.08	0.18
<b>P-E</b>	m(R)	<b>-0.47</b>	-0.37	-0.23	0.12	0.33	-0.21	-0.15	<b>-0.44</b>	-0.33	-0.24	0.02	0.06
<b>P-E</b>	s(R)	-0.36	<b>-0.60</b>	<b>-0.39</b>	0.01	0.06	-0.16	-0.35	-0.31	-0.23	0.11	-0.08	0
<b>P-E</b>	NAO(H)	-0.28	<b>-0.41</b>	-0.23	-0.32	-0.22	-0.01	-0.40	<b>-0.49</b>	-0.34	-0.16	-0.01	-0.11
<b>P-E</b>	PC(H)	-0.30	<b>-0.44</b>	-0.25	<b>-0.45</b>	-0.23	-0.15	-0.26	<b>-0.56</b>	-0.37	-0.13	0.05	-0.12
<b>1972-2000</b>													
<b>Pwg</b>	m(J)	0.32	0.01	-0.21	-0.26	0	-0.01	0.06	0.29	-0.05	-0.18	-0.12	0.06
<b>Pwg</b>	m(R)	0.29	0.10	-0.14	-0.02	0	0.02	0.15	<b>0.46</b>	0.18	-0.08	-0.09	0.11
<b>Pwg</b>	s(R)	0.27	0.27	-0.01	-0.02	0.09	-0.22	<b>0.44</b>	0.31	0.33	-0.06	0.06	0.29
<b>Pwg</b>	NAO(H)	0.14	0.05	0.06	0.29	0.35	0.24	0.32	<b>0.50</b>	<b>0.45</b>	<b>0.48</b>	<b>0.41</b>	<b>0.39</b>
<b>Pwg</b>	PC(H)	0.23	0.21	0.18	0.29	<b>0.43</b>	0.28	0.27	<b>0.44</b>	<b>0.47</b>	<b>0.52</b>	<b>0.39</b>	0.34

a **G**:  $r = 0.41$  i  $0.47$ , między NAO(H) a **d**:  $r = 0.51$  i  $0.58$ ). Wtórna letnia kulminacja wartości współczynników korelacji między NAO(H), a niemal wszystkim badanymi elementami meteorologicznymi i hydrologicznymi (z wyjątkiem opadu i prędkości wiatru) zaznacza się w sierpniu (patrz tab. 3). W porównaniu z epoką fazy negatywnej NAO, wzmacniają się też, do poziomu istotnych, korelacje między sumą opadów w maju a  $m(R)$  oraz z  $m(J)$  w grudniu.

Wydzielona epoka pozytywnej fazy NAO (podobnie zresztą jak i poprzednia) nie jest w pełni jednolita, gdyż wyraźna dominacja lat z dodatnimi indeksami NAO ma w niej miejsce dopiero po roku 1980. Przekonują o tym także wartości współczynników korelacji dla różnych cząstkowych okresów. Przykładowo korelacje między indeksami  $m(R)$ ,  $s(R)$  i  $m(J)$  a **E** (parowaniem) i **d** (niedosytem wilgotności) w marcu w okresie lat 1972-1987 są nieistotne, natomiast w latach 1985-2000 korelacje między tymi samymi indeksami w marcu osiągają dla **E** (w kolejności wymienianych wskaźników)  $r = 0.60$ ,  $r = 0.92$  i  $r = 0.66$ , dla **d** odpowiednio:  $r = 0.47$ ,  $r = 0.90$  i  $r = 0.52$ . Przyczyną nieistotności, a w niektórych przypadkach nawet odwrócenia znaku związków w pierwszym podokresie (1972-1987) jest prawdopodobnie fakt, że składa się on w części z lat drugiego podokresu (1985-2000), którego cechy różnią go mocno od pierwszego. Znaczna przewaga zasadniczych cech epoki o pozytywnych wartościach wskaźników NAO, ujawniająca się dopiero z nastaniem lat 80', demonstruje się nieco innym przesunięciem (1-2.letnie) najwyższych współczynników korelacji. Dla lutego takim podokresem są lata 1983-2000, kiedy korelacje  $m(J)$  z **E** osiągają  $r = 0.89$ , a z **d** –  $r = 0.84$ .

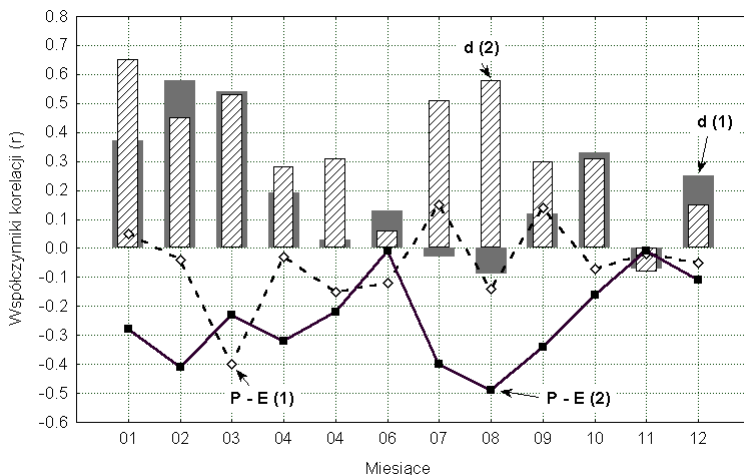
Kwestia wydzielenia epok cyrkulacyjnych NAO rzutuje więc na wielkość i znak otrzymanych współczynników korelacji i z tego względu, przy interpretacjach wyników, powinna być zawsze uwzględniana. Przyjęte kryteria wydzielenia lub ich zróżnicowane akcentowanie mogą wydobywać różne aspekty niejednorodności, a tym samym wpływać nie tylko na sposób wydzielenia odrębnych okresów (Degirmendžić i in. 2000, Marsz i Styszyńska 2001), ale także na konstytuujące je i wydobywane drogą analizy cechy.

## Wnioski

Zarysowane powyżej związki korelacyjne świadczą o decydującym znaczeniu pozytywnej fazy NAO dla kształtowania się wieloletnich silnych korelacji między wskaźnikami NAO a badanymi parametrami meteorologicznymi i hydrologicznymi. Pewne odstępstwa są efektem równoważącego wpływu, przeciwstawnych co do znaku, stosunków korelacyjnych w epoce negatywnej i pozytywnej fazy NAO, lub co zdarza się częściej – zasadniczo innymi wartościami nachyleń prostych regresji w korelowanych ze sobą zbiorach.

W obydwu epokach najmocniejsze korelacje synchroniczne występują w okresie zimowym (XII-III) i dotyczą parowania (**E**) oraz niedosytu wilgotności (**d**). W epoce fazy negatywnej związki NAO z **E** i **d** osiągają maksimum w marcu, w epoce fazy pozytywnej występuje maksimum styczniowo-lutowe (patrz ryc. 7). Wtórne, sierpniowe maksimum siły związków, które w fazie pozytywnej dotyczy niemal wszystkich rozpatrywanych parametrów, w epoce fazy negatywnej przesuwa się na październik i listopad (dla **G** (promieniowania całkowitego), **P** (opadu) i **P - E** (klimatycznego bilansu wodnego) zachowuje się w sierpniu, ale pojawia się wtedy październikowo-listopadowa "replika" sierpnia) i zazwyczaj najmocniej jest akcentowane przez związek z sezonowym indeksem Rogersa. Te wtórne maksima generowane są, przede wszystkim antycypacyjnym wpływem zimowych indeksów Hurrella. Progностyczne oddziaływanie tych indeksów, obejmujące przeważnie okres IV-X jest najsilniejsze dla

parowania, niedosytu wilgotności i poziomu wody gruntowej i związane jest wyłącznie z pozytywną fazą NAO (patrz ryc. 7). Istotnie statystycznie korelacje NAO z  $G$  (promieniowaniem całkowitym),  $d$  (niedosytem wilgotności),  $V$  (prędkością wiatru) i  $E$  (parowaniem) w obydwu epokach mają znak dodatni (za wyjątkiem  $E$  w XI), zaś korelacje z klimatycznym bilansem wodnym ( $P - E$ ) znak ujemny. Jedynie istotne korelacje z opadami ( $P$ ) i poziomem wody gruntowej ( $P_{wg}$ ) cechuje przewaga związków "inwersyjnych" – w epoce fazy negatywnej mają najczęściej znak ujemny, a w pozytywnej – dodatni.



Rys. 7. Kształtowanie się współczynników korelacji między wskaźnikiem NAO Hurrella a niedosytem wilgotności ( $d$ ) i klimatycznym bilansem wodnym ( $P - E$ ) w wieloleciu 1946-1971 (epoka "negatywnej fazy NAO"; oznaczenie na rysunku (1) i wieloleciu 1972-2000 (epoka "pozytywnej fazy NAO"; oznaczenie na rysunku (2)). Granice poziomów istotności  $p = 0.05$  dla epok – patrz koniec rozdziału "Materiały i metody badań"

W badanych relacjach parametrów meteorologicznych i hydrologicznych z indeksem Hurrella zaznaczają się zatem istotnie statystycznie asynchroniczne więzi genetyczne. Związki te są szczególnie silne i wyraźne w czasie całego badanego wielolecia i w epoce "pozytywnej" fazy NAO z niedosytem wilgotności i parowaniem w okresie wiosennym oraz w sierpniu; w epoce "negatywnej" fazy NAO związki wiosenne zanikają, a sierpniowe ulegają przesunięciu na październik-listopad i wyraźnie słabną.

## Literatura

- Brys K., Brys T., 2001a, Evaporation in Wrocław and its variability in the years 1946 – 1995. Geogr. Pol., 74 (1), s. 101-122.
- Brys K., Brys T., 2001b, Wahania natężenia całkowitego promieniowania słonecznego w 55-letniej serii wrocławskiej (1946-2000). Prace i St. Geogr. WGiSR, UW, Warszawa 29, s. 161-171.
- Degimendź J., Kożuchowski K., Wibig J., 2000, Epoki cyrkulacyjne XX wieku i zmienność typów cyrkulacji atmosferycznej w Polsce. Przegl. Geof., 45 (3-4), s. 221-238.

- Hurrell J.W., 1995, Decadal trends in the North Atlantic oscillation: Regional temperatures and precipitation. *Science*, 269, s. 676-679.
- Hurrell J.W., 2002, North Atlantic (NAO) indices information. <http://www.cgd.ucar.edu/~jhurrell/nao.html>
- Hurrell J.W., van Loon H., 1997, Decadal variations in climate associated with the North Atlantic Oscillation. *Clim. Change*, 36, s. 301-306.
- Jones P.D., Jónsson T., Wheeler D., 1997, Extension to the North Atlantic Oscillation using early instrumental pressure observations from Gibraltar and South-West Iceland. *Int. J. Climatol.*, 17, s. 1433-1450.
- Jones P.D., 2002, <http://www.cru.uea.ac.uk/cru/data/nao.htm>
- Kożuchowski K. (red.), 2000, Pory roku w Polsce. Sezonowe zmiany w środowisku a wieloletnie tendencje klimatyczne. *Zakł. Dynamiki Środowiska i Bioklimat. UŁ, Łódź*, 148 s.
- Marshall J., Kushnir Y., Battisti D., Chan P., Czaja A., Dickson R., Hurrell J., Mc Cartney M., Saravanan R., Visbeck M., 2001, North Atlantic climate variability: phenomena, impacts and mechanisms. *Int. J. Climatol.* 21, s. 1863-1898.
- Marsz A.A., 1999, Oscylacja Północnoatlantycka a reżim termiczny zim na obszarze Polski Północno-Zachodniej i polskim wybrzeżu Bałtyku. *Przegl. Geogr.*, 71 (3), s. 225-245.
- Marsz A.A., 2001, Stan termiczny Północnego Atlantyku a reżim termiczny zim na polskim wybrzeżu Bałtyku. *WSM Gdynia*, 108 s.
- Marsz A.A., Styszyńska A., 2001, Oscylacja Północnego Atlantyku a temperatura powietrza nad Polską. *WSM Gdynia*, 101 s.
- Marsz A.A., Żmudzka E., 1999, Oscylacja Północnego Atlantyku a długość okresu wegetacyjnego w Polsce. *Przegl. Geof.*, 44 (4), s. 199-210.
- Rogers J. C., 1997, North Atlantic storm track variability and its association to the north Atlantic Oscillation and climate variability of Northern Europe. *J. of Climate*, 10, s. 1635-1647.
- Wibig J., 1999, Cyrkulacja atmosferyczna nad Europą na powierzchni izobarycznej 500 hPa. Część I – zima. *Przegl. Geof.* 44 (1-2), s. 15-24.
- Wibig J., 1999, Cyrkulacja atmosferyczna nad Europą na powierzchni izobarycznej 500 hPa. Część II – wiosna, lato, jesień. *Przegl. Geof.* 44 (1-2), s. 25-38.
- Wibig J., 2000, Oscylacja Północnoatlantycka i jej wpływ na kształtowanie pogody i klimatu. *Przegl. Geof.*, 45 (2), s. 121-137.
- Żmudzka E., 1999, Krótkookresowa zmienność temperatury powietrza w Polsce. *Przegl. Geof.*, 44 (3), s. 115-130.