

Jan Degirmendzić, Krzysztof Kozuchowski

Niże śródziemnomorskie jako czynnik klimatu Polski

Niże
śródziemnomorskie
jako czynnik
klimatu Polski



WYDAWNICTWO
UNIWERSYTETU
ŁÓDZKIEGO

Jan Degirmendžić, Krzysztof Koźuchowski

Niże śródziemnomorskie jako czynnik klimatu Polski



WYDAWNICTWO
UNIwersYTETU
ŁÓDZKIEGO

ŁÓDŹ 2016

Jan Degirmendzić – Uniwersytet Łódzki, Wydział Nauk Geograficznych
Katedra Geografii Fizycznej, 90-139 Łódź, ul. Narutowicza 88

Krzysztof Kożuchowski – Instytut Nauk Leśnych, Uniwersytet Łódzki
Filia w Tomaszowie Mazowieckim, 97-200 Tomaszów Mazowiecki, ul. Konstytucji 3 Maja 65/67

RECENZENT

Rajmund Przybylak

REDAKTOR INICJUJĄCY

Iwona Gos

SKŁAD I ŁAMANIE

Tomasz Minkiewicz

KOREKTA TECHNICZNA

Leonora Wojciechowska

PROJEKT OKŁADKI

Stämpfli Polska Sp. z o.o.

Zdjęcie wykorzystane na okładce: © Shutterstock.com

Wydrukowano z gotowych materiałów dostarczonych do Wydawnictwa UŁ

© Copyright by Authors, Łódź 2016

© Copyright for this edition by Uniwersytet Łódzki, Łódź 2016

Wydane przez Wydawnictwo Uniwersytetu Łódzkiego

Wydanie I. W.07500.16.0.K

Ark. druk. 10,375

ISBN 978-83-8088-435-9

e-ISBN 978-83-8088-436-6

Wydawnictwo Uniwersytetu Łódzkiego

90-131 Łódź, ul. Lindleya 8

www.wydawnictwo.uni.lodz.pl

e-mail: ksiegarnia@uni.lodz.pl

tel. (42) 665 58 63

Spis treści

Wstęp	7
Podziękowania	8
Rozdział 1. Niże śródziemnomorskie	9
Rozdział 2. Cele opracowania, problemy i hipotezy badawcze	13
Rozdział 3. Dane i metody	17
Baza danych niżów śródziemnomorskich <i>MEC</i>	17
Parametry charakteryzujące dynamikę niżów	18
Klasyfikacja trajektorii	18
Kryteria klasyfikacji	20
Średnie trajektorie <i>MEC</i>	23
Zmiany sezonowe liczby <i>MEC</i>	23
Baza opadów w Polsce	24
Odcinek opadotwórczy trajektorii	24
Geneza śródziemnomorska opadu w Polsce	26
Charakterystyki opadów	26
Baza danych wilgotnościowych, termicznych oraz cyrkulacyjnych	27
Trendy <i>MEC</i> , makrotypów cyrkulacji V-G, opadów oraz zawartości wilgoci w atmosferze	29
Czynniki wpływające na opady <i>MCP</i> w Polsce	29
Trajektorie wsteczne mas powietrza	29
Rozdział 4. Trajektorie ruchu i frekwencja niżów śródziemnomorskich nad Europą Środkowo-Wschodnią	31
Szlak niżowy <i>Vb</i>	31
Sezonowość frekwencji niżów <i>MEC</i>	32
Cele i materiał analizy	33
Typy trajektorii ruchu niżów <i>MEC</i>	33
Częstość niżów <i>MEC</i> na trajektoriach	34
Zmiany sezonowe frekwencji niżów	37
Wnioski	40
Rozdział 5. Niże śródziemnomorskie i opady w Polsce	41
Opady o genezie śródziemnomorskiej w Polsce	41
Materiał analizy opadów o genezie śródziemnomorskiej	42
Udział opadów o genezie śródziemnomorskiej w całkowitych sumach opadów	45
Obfitość opadów o genezie śródziemnomorskiej	48
Sezonowe zmiany opadów o genezie śródziemnomorskiej	54
Wnioski	57

Rozdział 6. Szlaki niżów śródziemnomorskich a rozkład opadów <i>MCP</i> na obszarze Polski	59
Położenie niżów a opady	59
Wschodni szlak niżów <i>MEC</i>	61
Centralny szlak niżów <i>MEC</i>	63
Zachodni szlak niżów <i>MEC</i>	65
Południowy szlak niżów <i>MEC</i>	67
Maksima średnich opadów <i>MCP</i>	69
Efektywne opady <i>MCP</i>	72
Wnioski	74
Rozdział 7. Niże śródziemnomorskie, zawartość wilgoci w atmosferze i temperatura powietrza	75
„Precipitable water”	75
Cele i materiał badań	79
Szlaki niżów <i>MEC</i> , zawartość wilgoci w atmosferze i opady w Polsce	81
Ekstremalne opady i zawartość wilgoci w atmosferze	85
Niże <i>MEC</i> a zawartość wilgoci w atmosferze nad Europą i północnym Atlantykiem	89
Niże <i>MEC</i> , pole temperatury w Europie i nad północnym Atlantykiem oraz opady w Polsce	92
Wnioski	99
Rozdział 8. Tendencje zmian wieloletnich	101
Ocieplenie, cyrkulacja atmosferyczna i opady od połowy XX wieku	101
Cele, materiał i metody analizy	105
Liczba i cechy niżów śródziemnomorskich w okresie 1958-2008	107
Zmiany opadów pochodzenia śródziemnomorskiego	109
Zmiany zawartości wilgoci w atmosferze	112
Makroforma cyrkulacji południkowej E i niże śródziemnomorskie	113
Wnioski	123
Rozdział 9. Niże śródziemnomorskie a warunki cyrkulacyjne w górnej troposferze	125
Wnioski	134
Rozdział 10. Podsumowanie i wnioski	135
Spis tabel	141
Spis rysunków	143
Literatura	149
Summary – Mediterranean Cyclones as a Factor of the Climate of Poland	159
Aims	159
Data	160
Results	162

Wstęp

Prezentowana tu praca stanowi wynik realizacji projektu badawczego pt. „Współczesne zmiany aktywności niżów śródziemnomorskich jako czynnik ryzyka ekstremalnych zdarzeń hydrometeorologicznych i zmian klimatycznych w Polsce”¹. Zebrano w niej wyniki klimatologicznych badań niżów śródziemnomorskich, oddziałujących na warunki klimatyczne w Polsce w latach 1958–2008.

Projekt realizowano w Katedrze Geografii Fizycznej Uniwersytetu Łódzkiego, a częściowe wyniki publikowano w artykułach, zamieszczonych w kilku czasopismach naukowych². Treść tych artykułów, po stosownej modyfikacji, wykorzystano także w niniejszej, zbiorczej publikacji. Zawiera ona ponadto inne, jeszcze nie publikowane rezultaty wykonanych badań.

Opracowanie składa się z wprowadzenia, przedstawiającego specyfikę badanych cyklonów – niżów śródziemnomorskich³ i odwołującego się m.in. do klasycznego ujęcia tych niżów, wędrujących szlakiem „Vb” nad Europą i zobrazowanego mapą torów niżowych van Bebbera z 1891 roku. Drugi rozdział poświęcono prezentacji celów i zakresu opracowania; przedstawiono problemy i hipotezy badawcze. W kolejnym rozdziale opisano wykorzystane dane i materiały oraz zastosowane metody ich analizy.

W rozdziale 4. zawarto wyniki oceny częstości występowania niżów śródziemnomorskich, jej zmienność sezonową oraz wyróżniono typy szlaków wędrowki niżów nad Europą Środkowo-Wschodnią. Rozdział 5. zawiera ocenę wysokości opadów o genezie śródziemnomorskiej oraz ich udział w całkowi-

¹ Grant NCN nr N N306313739.

² „Acta Universitatis Lodziensis” 2014, „Przegląd Geofizyczny” 2014, 2015, „Quaestiones Geographicae” 2015, „Przegląd Geograficzny” 2015, „Geographia Polonica” 2016 (w druku).

³ Terminów „niże śródziemnomorskie” i „cyklony śródziemnomorskie” – na ogół ze względu na stylistykę tekstu – używano wymiennie, bowiem oba odnoszą się do przedmiotu opracowania: oznaczają odpowiednio układ pola barycznego i cyrkulację atmosferyczną w tym polu.

tych sumach opadów w Polsce. W rozdziale 6. przedstawiono m.in. obraz rozmieszczenia opadów pochodzenia śródziemnomorskiego w Polsce i ich związek z torami ruchu niżów. Rozdział 7. zawiera ocenę zawartości wilgoci („*precipitable water*”) w warunkach działalności niżów śródziemnomorskich na obszarze Polski oraz ocenę wpływu tej zawartości na wysokość opadów. Pokazano także strukturę pól temperatury i wilgotności w Europie związanych z niżami śródziemnomorskimi. Kolejny, 8. rozdział prezentuje wyniki badania wieloletnich zmian częstości i aktywności niżów śródziemnomorskich, zmian opadów pochodzenia śródziemnomorskiego w Polsce i zmian zawartości wilgoci w atmosferze. Przedstawiono także m.in. próbę wyjaśnienia tych zmian, wskazując na równoległą ewolucję makroform cyrkulacji atmosferycznej. W rozdziale 9 przedstawiono wyniki analizy cyrkulacji atmosferycznej w górnej troposferze (na poziomie 300 hPa), która najwyraźniej kształtuje aktywność badanych niżów i potwierdza dywergencyjną teorię cyklogenezy.

W podsumowaniu (rozd. 10) zebrano najważniejsze wyniki, w tym m.in. wniosek, że wykonane analizy statystyczne nie potwierdziły popularnej hipotezy o rosnącej częstości zdarzeń ekstremalnych (tu: częstości i aktywności niżów Vb) w epoce postępującego ocieplenia klimatu.

Podziękowania

Podstawową bazę danych, wykorzystaną w pracy, stanowiły serie dobowych sum opadów oraz wartości średniej temperatury powietrza w Polsce – uzyskano je dzięki uprzejmości Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej w Warszawie.

Autorzy niniejszego opracowania składają serdeczne podziękowania dr Żanecie Papiernik i dr. Markowi Walischowi za pomoc w przygotowaniu i uzupełnieniu bazy danych o niżach śródziemnomorskich. W szczególności dziękujemy Tomkowi Minkiewiczowi za weryfikację bazy „Northern Hemisphere Cyclone Locations and Characteristics” opublikowanej przez National Snow and Ice Data Center, University of Colorado oraz pomoc edytorską i graficzną w przygotowaniu maszynopisu do druku. Mgr Ani Szymańskiej oraz dr. Aleksandrowi Szmidtowii dziękujemy za pomoc w przygotowaniu map średnich trajektorii niżów śródziemnomorskich.

Wyrazy podziękowania kierujemy również do prof. dr hab. Andrzeja Marsza za udostępnienie bazy danych o makrotypach cyrkulacji Vangengeima-Girsa. Dane o zawartości wilgoci w atmosferze nad Polską zweryfikowano, porównując je z serią skonstruowaną przez prof. dr hab. Joannę Wibig.

Rozdział 1

Niże śródziemnomorskie

Niże śródziemnomorskie nad Europą Środkowo-Wschodnią wyróżniają się specyficzną genezą, a przede wszystkim charakterystyczną trajektorią swojego ruchu nad basenu Morza Śródziemnego.

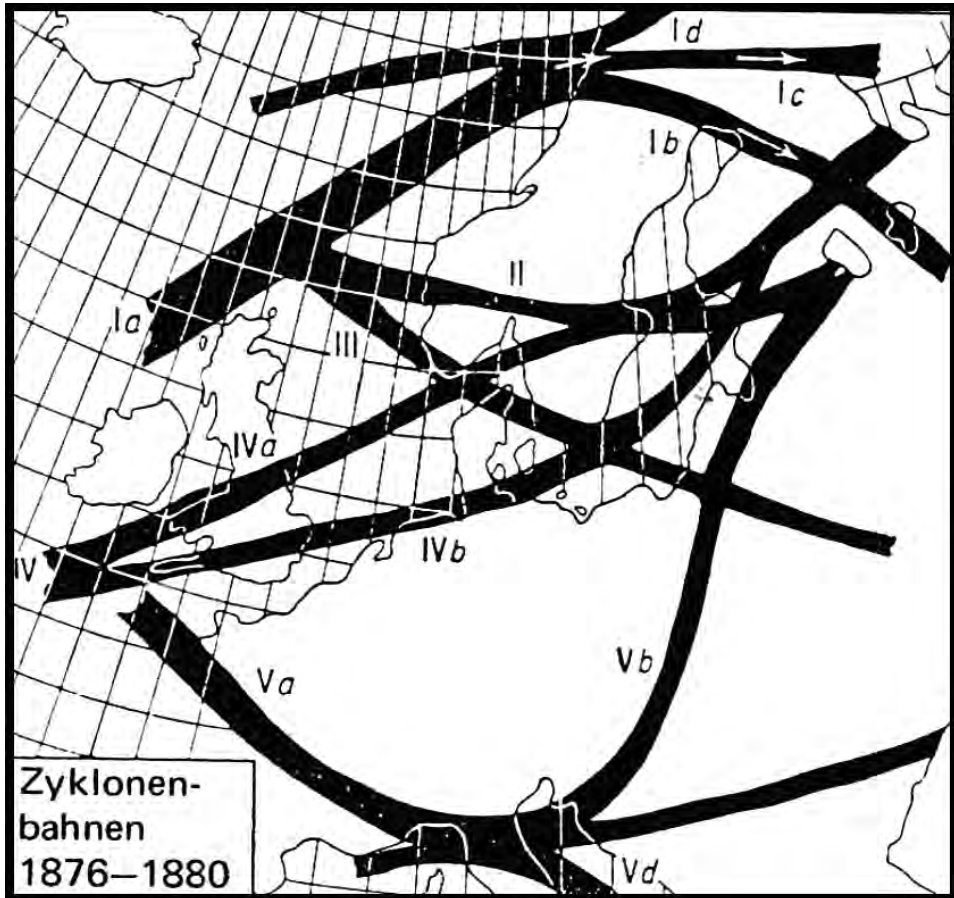
W basenie śródziemnomorskim zlokalizowana jest strefa cyklogenezy, dzięki której przeważająca część układów cyklonalnych występujących na tym obszarze (**niżów śródziemnomorskich**) ma autochtoniczny charakter: wg Martyn (2000) spośród średniej rocznej liczby 76 cyklonów tam występujących, aż 69 powstaje nad Morzem Śródziemnym, z czego kolejna większość (52 niże) tworzy się nad Zatoką Genueńską – są to tzw. „**niże genueńskie**”.

Działalność cyklonalna nad Morzem Śródziemnym rozwija się w chłodnej połowie roku w związku z oddziaływaniem śródziemnomorskiej gałęzi frontu polarnego. Bartoszek (2006) wspomina jednak o dużej liczbie niżów termicznych, powstających w ciepłej połowie roku i wiąże ten fakt „z warunkami fizyczno-geograficznymi Niziny Padańskiej”. Dodaje również, że na wiosnę wiele niżów śródziemnomorskich powstaje w Afryce, na południe od Atlasu. Obszarem cyklogenezy są także wybrzeża Półwyspu Iberyjskiego. Letnie niże mają najczęściej stacjonarny charakter, co potwierdza ich termiczną genezę.

Pewna część cyklonów śródziemnomorskich wędruje ku północy, obejmując swym zasięgiem Europę Środkowo-Wschodnią. Ta właśnie grupa cyklonów stanowi przedmiot niniejszego opracowania i w tym znaczeniu piszemy dalej o niżach śródziemnomorskich (cyklonach śródziemnomorskich), oznaczając je akronimem *MEC* (*Mediterranean European Cyclones*).

Układy cyklonalne, przemieszczające się nad Europą wędrują najczęściej z zachodu na wschód szlakami, które stanowiły przedmiot wielu badań klimatologicznych, zapoczątkowanych pracami W. Köppena (1882) i van Bebbera (1891). Wśród trajektorii cyklonów europejskich, na mapie van Bebbera wyróżnia się szlak Vb (*Zugstrasse Vb*), inaczej niż pozostałe, biegnący południkowo przez Europę Środkowo-Wschodnią od Adriatyku aż do granic Finlandii

(rys. 1.1). Osobliwa trajektoria i obszar cyklogenezy są przyczyną istotnej roli, jaką odgrywają cyklony, przemieszczające się szlakiem Vb w kształtowaniu warunków klimatycznych, a zwłaszcza wielkości opadów atmosferycznych w Europie Środkowo-Wschodniej.



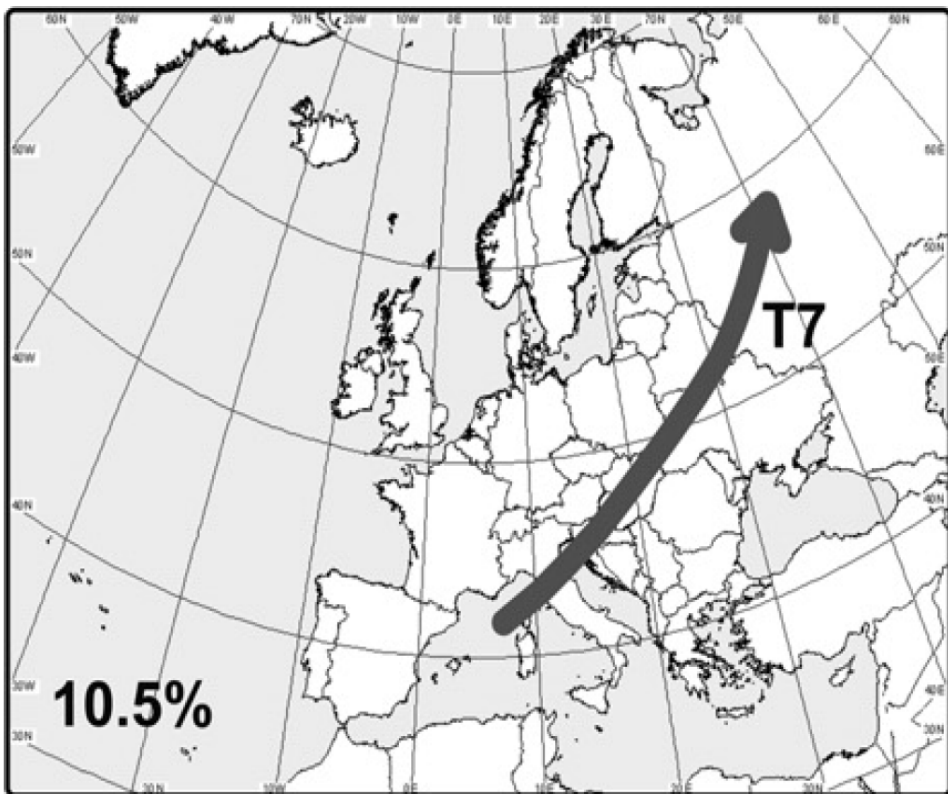
Rys. 1.1. Szlaki niżowe w Europie (wg van Bebbera, 1891)

Mudelsee i in. (2004) podkreślają, że *Zugstrasse Vb* stanowi nadal aktualne narzędzie, umożliwiające śledzenie warunków tworzenia się rozlewnych opadów i powodzi w Europie Środkowej. Zaprezentowana przez tych autorów historia powodzi w dorzeczach Łaby i Odry w ciągu ubiegłych 500 lat jest przykładem wnikliwych studiów tego zagadnienia. Układy baryczne na szlaku Vb powodują powodzie albo śnieżyce w Polsce i krajach sąsiednich. Już Hann (1906) opisywał „burze śnieżne”, które przeszły nad Wiedniem i wschodnią

częścią Niemiec (czyli zapewne i nad zachodnią częścią Polski) na wiosnę w 1903 i w 1905 roku i powiązał je z niżami śródziemnomorskimi.

Ten sam badacz stwierdził, że w latach 1876–1889 cyklony na szlaku Vb stanowiły około 15% wszystkich cyklonów występujących nad Europą.

Według Bielec-Bąkowskiej (2010) ponad 10% głębokich cyklonów, występujących nad Polską reprezentują układy, przemieszczające się znad Morza Śródziemnego szlakiem T7, który odpowiada wyróżnionemu przez van Bebbera (1891) szlakowi Vb (rys. 1.2).



Rys. 1.2. Szlak niżowy T7 i częstość występowania głębokich niżów na tym szlaku (wg Bielec-Bąkowskiej, 2010)

Nizy śródziemnomorskie przemieszczają się w kierunku Europy Środkowo-Wschodniej podczas kształtowania się południkowych form cyrkulacji w środkowej i górnej troposferze. „Układy powstające nad północną częścią Włoch wędrują niemal wzdłuż osi prądu strumieniowego, przecinają Nizinę Węgierską i docierają do Karpat Wschodnich” (Bartoszek, 2006).

Ulbrich i in. (2003), którzy analizowali warunki, towarzyszące powodzi w dorzeczu Łaby w 2002 r. ustalili, że czynnikami aktywizującymi nize śródziemnomorskie są zatoka w polu powierzchni izobarycznej 300 hPa nad zachodnią Europą, silna dywergencja w pobliżu tropopauzy oraz znaczne kontrasty termiczne uczestniczących w południkowej wymianie mas powietrznych.

Mudelsee i in. (2004) sytuacje baryczne odpowiadające położeniu niżów na szlaku Vb zakwalifikowali do typu cyrkulacji „*Troglage Mitteleuropa*” (*TrM*), który oznacza bruzdę nad Europą Środkową.

Spostrzeżenia te pozwalają uznać, iż poza „geograficznymi” czynnikami cyklogenezy w basenie Morza Śródziemnego, takimi jak termiczne oddziaływania ciepłego podłoża akwenów oraz orografia, wędrówka niżów *MEC* nad kontynent zależy od cyrkulacji górnotroposferycznej. Ma tu zastosowanie teoria dywergencyjna R. Scherhaga - Ulbrich i in. (2003) wskazują na istnienie strefy silnej dywergencji nad układami *MEC* w warstwie 500–250 hPa. Geneza i aktywność tych niżów jest pochodną chwiejności baroklinowej, kształtującej się wskutek południkowej wymiany mas powietrza. Generalnym czynnikiem cyrkulacyjnym jest tu położenie i amplituda fali długiej w środkowej i górnej troposferze. Dolina tej fali, umiejscowiona nad środkową Europą, umożliwia kształtowanie się systemu cyrkulacyjnego, sprzyjającego wędrówce niżów szlakiem Vb. Fronty atmosferyczne, związane z tymi niżami i bezpośrednio oddziałujące na panującą w ich zasięgu pogodę, w tym szczególnie wysokie opady, są przede wszystkim efektem obecności i rozwoju północnej adwekcji chłodnego powietrza i południowej adwekcji mas ciepłych odpowiednio po zachodniej i wschodniej stronie bruzdy „*TrM*”.

Nize o genezie śródziemnomorskiej stanowią pewną osobliwość klimatu Polski; pojawiają się nie często, ale znacząco wpływają na zmienność elementów klimatu, przede wszystkim na wysokość opadów atmosferycznych. Niektóre epizody opadowe, powstające w związku z działalnością niżów śródziemnomorskich, zwłaszcza w okresie letnim, odznaczają się wyjątkową obfitością i są odpowiedzialne za najwyższe notowane w Polsce sumy opadów. Z tego względu nize śródziemnomorskie można uznać za czynnik, generujący ekstremalne zjawiska meteorologiczne w Polsce.

Rozdział 2

Cele opracowania, problemy i hipotezy badawcze

Wstępnym celem klimatologicznej analizy działalności niżów śródziemnomorskich w Polsce jest zdefiniowanie przedmiotu badań. W tym zakresie określono pewien typ cyrkulacji atmosferycznej⁴ - niż śródziemnomorski w Europie Środkowo-Wschodniej (*MEC*), czyli układ cyklonalny przemieszczający się trajektorią, pierwotnie obejmującą basen Morza Śródziemnego i docierający nad stosownie zdefiniowany obszar Europy (patrz: rozdz. 3). Niżom *MEC* przyporządkowano - jako skutek ich aktywności - opady pochodzenia śródziemnomorskiego w Polsce (*Mediterranean Cyclonal Precipitation* - *MCP*). Sposób wydzielenia tego typu opadów przedstawiono także w rozdz. 3. Kalendarz występowania *MEC* oraz opadów *MCP* wraz z ich charakterystykami stanowi w ten sposób zasadniczą, empiryczną podstawę i materiał niniejszego opracowania.

W polskiej literaturze klimatologicznej nie mamy dotąd syntetycznego opisu niżów *MEC*. Wzmianki o nich pojawiały się wprawdzie w wielu pracach, a najpełniejszą syntezę informacji o niżach śródziemnomorskich zawiera artykuł Bartoszką (2006). Niemniej, nie wiemy jeszcze jak często *MEC* pojawiają się w Europie Środkowo-Wschodniej, jakie są ich faktyczne trajektorie ruchu (czy „klasyczna” droga Vb jest jedyna?), czy częstość występowania niżów *MEC* ma sezonowy charakter i wreszcie - czy mamy do czynienia z wieloletnimi zmianami frekwencji *MEC*?

⁴ „Typ *MEC*” nie znajduje odpowiednika w istniejących klasyfikacjach typów cyrkulacji atmosferycznej (Kaszewski, 2012). W szczególności nie można go utożsamiać ze śródziemnomorskim typem cyrkulacji (Śr.), który na podstawie analizy składowych głównych pola izopowierzchni 500 hPa wyróżniła Wibig (2001). *MEC* stanowi jedynie specyficzną postać wspomnianego w rozdz. 1. typu *TrM* z klasyfikacji „Grosswetterlagen Europas” (Hess i Brezowsky, 1952).

Szereg pytań dotyczy także opadów pochodzenia śródziemnomorskiego, ich ogólnej wysokości, udziału w całkowitej sumie opadów na obszarze Polski, rozkładu przestrzennego i zmian wieloletnich. Należałoby ponadto sprawdzić, czy zasadna jest teza, iż o znacznej wysokości opadów *MCP* decydują zasoby wilgoci w powietrzu uczestniczącym w cyrkulacji cyklonalnej *MEC*. Istotnym zagadnieniem jest ponadto struktura termiczna i wilgotnościowa *MEC*: czy ze względu na obszar cyklogenezy i osobliwy tor wędrówki nize te wyróżniają się też charakterystycznymi, specyficznymi cechami?

Opracowanie niniejsze ma na celu uszczegółowienie klimatologicznego opisu nizew *MEC* - ocenę częstości ich występowania oraz zmienności sezonowej i wieloletniej. Celem pracy jest także klimatologiczna charakterystyka opadów pochodzenia śródziemnomorskiego w Polsce.

W ramach prezentowanego opracowania zweryfikowano kilka hipotez badawczych:

- 1) nize śródziemnomorskie należą do rzadkich układów cyrkulacyjnych w Europie Środkowej;
- 2) częstość występowania *MEC* charakteryzuje się sezonową zmiennością;
- 3) nize *MEC* docierają do Europy Środkowej i Środkowo-Wschodniej charakterystycznymi, ale różnymi szlakami;
- 4) opady pochodzenia śródziemnomorskiego w Polsce wyróżniają się dużą obfitością i stanowią znaczącą część całkowitej sumy opadów;
- 5) rozkład przestrzenny opadów *MCP* na obszarze Polski zależy od trajektorii przemieszczania się *MEC*;
- 6) opady *MCP* formują się w warunkach podwyższonej, ponadprzeciętnej zawartości wilgoci w atmosferze;
- 7) układy *MEC* i związane z nimi wysokie opady pojawiają się w okresach panowania południkowych makroform cyrkulacji atmosferycznej;
- 8) *MEC* i *MCP* należą do klasy ekstremalnych zjawisk hydrometeorologicznych, a ich częstość i intensywność wzrasta wraz z postępującym globalnym ociepleniem klimatu.

Rozpatrzenie hipotez (1-6) powinno doprowadzić nie tylko do niekiedy oczywistych rozstrzygnięć w kategoriach „tak/nie”, ale przede wszystkim do ilościowej oceny formułowanych wniosków.

Hipotezy (7) i (8) mają w badaniach klimatologicznych szczególne znaczenie ze względu na prognostyczny aspekt ich treści.

(7) Makroformy cyrkulacyjne wykazują tendencję do formowania tzw. epok cyrkulacyjnych - wieloletnich okresów dominującego panowania określonych form cyrkulacji. Mogą to być okresy sprzyjające bądź nie sprzyjające

wędrówce niżów na szlaku Vb⁵. Charakter epoki decydować więc może o frekwencji niżów.

(8) Hipoteza o wzrastającej współcześnie częstości i intensywności zjawisk ekstremalnych - w odniesieniu do niżów śródziemnomorskich *MEC* - jest co najmniej problematyczna. Scenariusze klimatyczne nie są jednoznaczne w kwestii prognozowanej zmiany liczby oraz aktywności niżów śródziemnomorskich. Modele globalnego ocieplenia prognozują przesunięcie się podzwrotnikowego pasa antycyklonów ku wyższym szerokościom geograficznym, co w prostej konsekwencji mogłoby prowadzić do spadku częstości cyklonów śródziemnomorskich. Modele regionalne jednak nie potwierdzają takiego scenariusza. Muskulus i Jacob (2005), na podstawie wyników modelu REMO, przewidują wzrost ogólnej liczby cyklonów w basenie Morza Śródziemnego, szczególnie wyraźnie zaznaczony latem. Jednak w przypadku tylko „głębokich” niżów (< 950 hPa w centrum) obserwuje się spadek ich częstości. Odmienne scenariusze zaprezentowali Anagnostopoulou i in. (2006). Autorzy studiowali aktywność niżów w trzech regionach basenu Morza Śródziemnego: w Zatoce Genueńskiej, nad południowymi Włochami oraz w rejonie Cypru. Według modelu HadAMP3 częstość niżów śródziemnomorskich w okresie 2071-2100 ma się zmniejszyć, ale jednocześnie ma wzrosnąć ich intensywność.

Zarówno wzrost liczby niżów śródziemnomorskich prognozowany przez model REMO oraz/lub wzrost aktywności tych układów prognozowany przez model HadAMP3 może istotnie zmienić reżim anomalii pogodowych w Polsce związanych z niżami Vb.

Rezultaty badań empirycznych, zrealizowanych w ramach prezentowanego tu opracowania, pozwalają na sprawdzenie realizacji modelowych scenariuszy na podstawie analizy trendów, obecnych w seriach czasowych frekwencji niżów *MEC* i opadów *MCP* i obejmujących okres 1958-2008.

⁵ Poczawszy od lat 1980. sprzyjająca niżom Vb makroforma cyrkulacji południkowej „E” (wg klasyfikacji Vangengeima-Girsa) wykazuje regres; można sądzić, że od tego czasu panuje epoka „W+C” i dominują formy strefowe W i południkowe C (zob. też rozdz. 8).