

## MIĘDZYDOBOWE ZMIANY BODŹCOWOŚCI CIŚNIENIA ATMOSFERYCZNEGO W POZNANIU W LATACH 1988–2017

MARTA NAWROCKA, KATARZYNA SZYGA-PLUTA

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

**Abstract:** The aim of the paper was to investigate the stimuli of the atmospheric pressure and the dependence of large pressure changes on atmospheric circulation in Poznań. The values of the average daily atmospheric pressure from the Poznań-Lawica meteorological station in years 1988–2017 were used. The frequency of days with atmospheric pressure greater than 1015 hPa and lower than 985 hPa as well as the number of days with interdiurnal change of the atmospheric pressure were calculated in specified ranges: 0.0–4.0 hPa, 4.1–8.0 hPa, 8.1–16.0 hPa and >16.1 hPa. Next, the conditional probability of the interdiurnal changes of the air pressure and the *Grosswetterlagen* (GWL) types of atmospheric circulation was determined. In Poznań in 1988–2017, the most stimulus air pressure changes occurred between November and February and the least stimulus – from May to August. Strong and very strong stimulus of atmospheric pressure is most often found in cyclonic circulation types with masses of air flowing from north-western directions.

**Keywords:** interdiurnal air pressure changes, the stimuli of the atmospheric pressure, *Grosswetterlagen* (GWL), biometeorology, Poznań

### WSTĘP

Na organizm człowieka oddziałuje bodźcowo, w sposób nieprzerwany, całe środowisko atmosferyczne. Składają się na nie zarówno podstawowe elementy meteorologiczne (promieniowanie słoneczne, temperatura i wilgotność powietrza, ciśnienie atmosferyczne oraz ruch powietrza i opady), jak i gazy atmosferyczne oraz zanieczyszczenia pyłowe powietrza, jego jonizacja, natężenie pól elektromagnetycznych, hałas, wibracje oraz zapachy (WMO, 892). Ciśnienie atmosferyczne oddziałuje na organizm człowieka nieustannie, jednak o bodźcach mechanicznych nim wywołanych można mówić w dwóch przypadkach. Bodźcem może być oddziaływanie na człowieka bardzo wysokiego lub bardzo niskiego ciśnienia atmosferycznego w porównaniu z tym, w którym zwykle człowiek przebywa. Drugi przypadek polega na wystąpieniu nagłej, dużej zmiany ciśnienia atmosferycznego, zwłaszcza gdy ma ona miejsce w krótkim czasie (Kuchcik i in. 2013). Z kolei okresowe wzrosty i obniżanie się ciśnienia atmosferycznego powodują rozprężanie i sprężanie powietrza w uchu środkowym, przez co błony bębenkowe ulegają odkształceniu. Jest to odczuwane jako ucisk, kłucie i dzwonienie w uszach. Niekiedy obserwuje się nawet przejściowe osłabienie słuchu (Jankowiak 1976).

Na podstawie wieloletnich badań wpływu pogody na zdrowie i samopoczucie człowieka utworzono wiele klasyfikacji biosynoptycznej pogody (Bokša, Boguckij 1980; Ungeheuer 1957). Istotą tych podziałów jest określenie, w jakich sytuacjach synoptycznych podmiot badań odczuwa pozytywnie, negatywnie lub neutralnie zmiany w pogodzie. Niemiecka Służba Pogody opracowała klasyfikację pogody (13 typów) na podstawie sytuacji izobarycznej na poziomie 850 hPa. Jethon i Grzybowski (2000) określili dla poszczególnych typów objawy chorobowe, które mogą wystąpić w danej sytuacji meteorologicznej. Zgodnie z tym podziałem w centrum wyżu występuje niewielka bodźcowość na organizm człowieka, natomiast w centrum niżu może dojść do zwiększenia objawów depresji neurotycznej oraz problemów z krążeniem.

Literatura z dziedziny bioklimatologii rozwija się w dwóch kierunkach. Pierwszy bardziej skupia się na aspekcie związanym z medycyną. Opisuje on wpływ bodźców meteorologicznych na problemy ze snem i koncentracją (Bidzian i in. 2005), zmiany w układzie nerwowym człowieka (Krawczyk 2003), porusza problematykę z dziedziny psychologii (Przybyła 1994). Drugi kierunek skupia się na opisie bodźców meteorologicznych w ujęciu przestrzennym. Wykonuje się analizy i opisy dla dużych aglomeracji miejskich, jak np. warszawskiej (Błażejczyk 2002) czy łódzkiej (Papiernik 2004). Kuchcik (1999) analizowała relacje między warunkami pogodowymi i liczbą zgonów w Warszawie. Określa się też wpływ uwarunkowań bioklimatycznych na turystykę i rekreację (Błażejczyk, Kunert 2011). Zarówno Koźmiński i Michalska (2010), jak i Szyga-Pluta (2017) stwierdzili, że uciążliwość międzydobowych zmian ciśnienia dla człowieka na wybrzeżu jest kilkukrotnie większa zimą niż latem. Spowodowane jest to częstszym występowaniem niżów barycznych w tym okresie (Koźmiński, Michalska 2012). Największe zmiany ciśnienia z dnia na dzień notuje się w chłodniejszej części roku, a najmniejsze w najcieplejszej (Fortuniak i in. 2000; Ustrnul, Czekierda 2000; Półrolniczak 2010b). Według Półrolniczaka (2010a, b) w Poznaniu następuje potęgowanie oddziaływań ciśnienia atmosferycznego. Oznacza to, że aglomeracja poznańska staje się terenem, gdzie oddziaływanie bodźców mechanicznych jest coraz większe i wpływają one na częstość powikłań medycznych z nimi związanych. Stwierdził również, że w Poznaniu można zauważyć roczną cykliczność dni z poszczególnymi typami bodźców mechanicznych (Półrolniczak 2010a, b). Współcześnie odnotowuje się wzrost liczby meteoropatów, czyli ludzi, na których zmiany pogody wpływają intensywniej niż na resztę społeczeństwa (Machalek 1997; Höppe 2002; Kozłowska-Szczęsna i in. 2004). Stąd konieczność aktualizacji wyników badań nad częstością i uwarunkowaniami występowania czynników meteorotropowych.

Celem opracowania jest określenie zróżnicowania międzydobowych zmian ciśnienia atmosferycznego oraz ich bodźcowości w Poznaniu w latach 1988–2017. Dodatkowo zbadano powiązanie między międzydobowymi zmianami ciśnienia a występowaniem typów cyrkulacji atmosferycznej *Grosswetterlagen*

(GWL). Praca stanowi kontynuację wcześniejszych badań obejmujących okres do 2000 r.

## DANE I METODY BADAŃ

Podstawę opracowania stanowiły wartości średniego dobowego ciśnienia atmosferycznego na stacji meteorologicznej Poznań-Ławica w latach 1988–2017. Dane te pochodzą z Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej – Państwowego Instytutu Badawczego (IMGW-PIB).

Dla badanego okresu obliczono podstawowe charakterystyki ciśnienia atmosferycznego, tj. średnie odchylenie standardowe, amplitudę, wartości ekstremalne dla miesiący i roku. Następnie wyliczono częstość występowania dni o oddziaływaniu bodźcowym w kolejnych miesiącach roku. Bodźcowe działanie ciśnienia atmosferycznego występuje wtedy, gdy wartości ciśnienia są niższe od 985 hPa oraz wyższe od 1015 hPa (Błażejczyk 2002). Następnym etapem było obliczenie międzydobowych zmian ciśnienia w badanym wieloleciu oraz określenie typów bodźcowości tych zmian według klasyfikacji Bokša i Boguckiego (1980, za: Błażejczyk 2002; Błażejczyk, Kunert 2011) (tab. 1).

Tabela 1. Klasyfikacja międzydobowych zmian ciśnienia atmosferycznego  
Table 1. Classification of the interdiurnal air pressure changes

| Typ | Międzydobowe zmiany ciśnienia atmosferycznego [hPa] | Bodźcowość zmian ciśnienia |
|-----|---|----------------------------|
| A   | 0,0–4,0   | słaba                      |
| B   | 4,1–8,0   | umiarkowana                |
| C   | 8,1–16,0  | silna                      |
| D   | >16,1   | bardzo silna               |

Źródło: Bokša, Boguckij 1980 za: Błażejczyk 2002; Błażejczyk, Kunert 2011.

Do obliczenia częstości występowania typów cyrkulacji atmosferycznej posłużono się przekształconą przez Gerstengarbego i Wernera (2005) klasyfikacją Hessa–Brezowsky’ego opartą na klasyfikacji Baura dla Europy Środkowej (Gerstengarbe i in. 1999). Kalendarz cyrkulacji pobrano ze strony *Die Grosswetterlagen Europas* (<http://www.dwd.de/GWL>; Werner, Gestengarbe 2010). *Grosswetterlagen* (GWL) to klasyfikacja opierająca się na stanach atmosfery, które sprzyjają występowaniu określonych sytuacji synoptycznych w ciągach kilkudniowych bez zmian pogody. W celu ich określenia bierze się pod uwagę położenie układów barycznych i kierunek mas powietrza na podstawie map synoptycznych dolnych oraz map barycznych z poziomu 500 hPa. Na podstawie kierunku adwekcji mas powietrza wyróżnia się 30 typów GWL (tab. 2).

Tabela 2. Klasyfikacja *Grosswetterlagen*  
Table 2. *Grosswetterlagen* Classification

| Charakterystyka adwekcji | Symbol | Typ cyrkulacji <i>Grosswetterlagen</i> (GWL)              |
|--------------------------|--------|---|
| Północna                 | HB     | wyż nad Wyspami Brytyjskimi                               |
|                          | HNA    | wyż nad Morzem Północnym-Islandią, antycyklonalna         |
|                          | HNZ    | wyż nad Morzem Północnym-Islandią, cyklonalna             |
|                          | NA     | północna, antycyklonalna                                  |
|                          | NZ     | północna, cyklonalna                                      |
| Północno-wschodnia       | TRM    | bruzda nad Europą Środkową                                |
|                          | NEA    | północno-wschodnia, antycyklonalna                        |
|                          | NEZ    | północno-wschodnia, cyklonalna                            |
| Wschodnia                | HFA    | wyż nad Fennoskandią, antycyklonalna                      |
|                          | HFZ    | wyż nad Fennoskandią, cyklonalna                          |
|                          | HNFA   | wyż nad Morzem Północnym-Fennoskandią, antycyklonalna     |
|                          | HNFZ   | wyż nad Morzem Północnym-Fennoskandią, cyklonalna         |
| Południowo-wschodnia     | SEA    | południowo-wschodnia, antycyklonalna                      |
|                          | SEZ    | południowo-wschodnia, cyklonalna                          |
| Południowa               | SA     | południowa, antycyklonalna                                |
|                          | SZ     | południowa, cyklonalna                                    |
|                          | TB     | niż nad Wyspami Brytyjskimi                               |
|                          | TRW    | bruzda nad Europą Zachodnią                               |
| Południowo-zachodnia     | SWA    | południowo-zachodnia, antycyklonalna                      |
|                          | SWZ    | południowo-zachodnia, cyklonalna                          |
| Zachodnia                | WA     | zachodnia, antycyklonalna                                 |
|                          | WS     | zachodnia, cyklonalna                                     |
|                          | WZ     | zachodnia przesunięta ku południowi                       |
|                          | WW     | zachodnia, brzeżna na skraju blokującego wyżu rosyjskiego |
| Północno-zachodnia       | NWA    | północno-zachodnia, antycyklonalna                        |
|                          | NWZ    | północno-zachodnia, cyklonalna                            |
| Centralna wyżowa         | HM     | wyż nad Europą Środkową                                   |
|                          | BM     | klin wyżowy nad Europą Środkową                           |
| Centralna niżowa         | TM     | niż nad Europą Środkową                                   |
|                          | U      | sytuacja nieokreślona lub przejściowa                     |

Źródło: Gerstengarbe, Werner 2005; Hess, Brezowsky 1977.

Ostatnim etapem pracy było określenie zależności występowania międzydobowych zmian ciśnienia atmosferycznego od typów cyrkulacji atmosferycznej *Grosswetterlagen* (GWL) (tab. 2). Obliczono częstość występowania dni z przyjętymi według klasyfikacji typami międzydobowych zmian ciśnienia (tab. 1). W celu określenia zależności występowania międzydobowych zmian ciśnienia z typami cyrkulacji atmosferycznej wyznaczono prawdopodobieństwo warunkowe występowania każdego z czterech typów bodźcowości w każdym typie cyrkulacji GWL.

## WYNIKI

## Ciśnienie atmosferyczne w Poznaniu w latach 1988–2017

Średnia roczna wartość ciśnienia atmosferycznego w Poznaniu w latach 1988–2017 wynosi 1005,2 hPa. W przebiegu rocznym ciśnienia na poziomie stacji Poznań-Ławica zauważa się niewielkie różnice średnich miesięcznych wartości, oscylujące między 1003,7 hPa w kwietniu i 1006,8 hPa w styczniu (tab. 3).

Tabela 3. Miesięczne i roczne wartości charakteryzujące ciśnienie atmosferyczne [hPa] w Poznaniu (1988–2017)

Table 3. Monthly and annual values of the air pressure [hPa] in Poznań (1988–2017)

| Miesiąc | Średnia | Maksimum |                 | Minimum |                 | Amplituda |
|---------|---------|----------|-----------------|---------|-----------------|-----------|
|         |         | wartość  | rok wystąpienia | wartość | rok wystąpienia |           |
| I       | 1006,9  | 1037,9   | 2006            | 966,3   | 2015            | 71,6      |
| II      | 1005,2  | 1031,8   | 2008            | 958,6   | 1989            | 73,2      |
| III     | 1005,1  | 1030,5   | 2003            | 972,8   | 2008            | 57,7      |
| IV      | 1003,8  | 1023,4   | 1997            | 981,7   | 1992            | 41,7      |
| V       | 1005,1  | 1025,4   | 1990            | 980,2   | 1997            | 45,2      |
| VI      | 1004,5  | 1020,0   | 1996            | 982,0   | 2017            | 38,0      |
| VII     | 1004,3  | 1019,5   | 2013            | 986,5   | 2011            | 33,0      |
| VIII    | 1004,8  | 1017,8   | 1990            | 988,6   | 2002            | 29,2      |
| IX      | 1005,8  | 1026,7   | 2015            | 980,6   | 1998            | 46,1      |
| X       | 1006,4  | 1028,7   | 1993            | 979,2   | 1990            | 49,5      |
| XI      | 1004,8  | 1031,4   | 1998            | 974,0   | 2010            | 57,4      |
| XII     | 1006,1  | 1035,9   | 1991            | 974,5   | 2005            | 61,4      |
| ROK     | 1005,2  | 1037,9   | 2006            | 958,6   | 1989            | 79,3      |

W ciągu roku największe amplitudy miesięczne ciśnienia atmosferycznego występują w okresie zimowym. Największą amplitudę ciśnienia odnotowano w lutym – 73,2 hPa. Najmniejsze amplitudy ciśnienia występują w okresie letnim, z minimum w sierpniu równym 29,2 hPa (tab. 3). W badanym okresie maksymalna wartość ciśnienia atmosferycznego wystąpiła 23 stycznia 2006 r. i wyniosła 1037,9 hPa, natomiast minimalna wartość ciśnienia atmosferycznego 26 lutego 1989 r. i wyniosła 958,6 hPa (tab. 3). W omawianym wieloleciu amplituda między maksymalną a minimalną wartością średnią dobową ciśnienia atmosferycznego w Poznaniu wynosi 79,3 hPa.

Bodźcowe działanie ciśnienia atmosferycznego występuje wtedy, gdy wartości ciśnienia są niższe od 985 hPa oraz wyższe od 1015 hPa (Błażejczyk 2002).

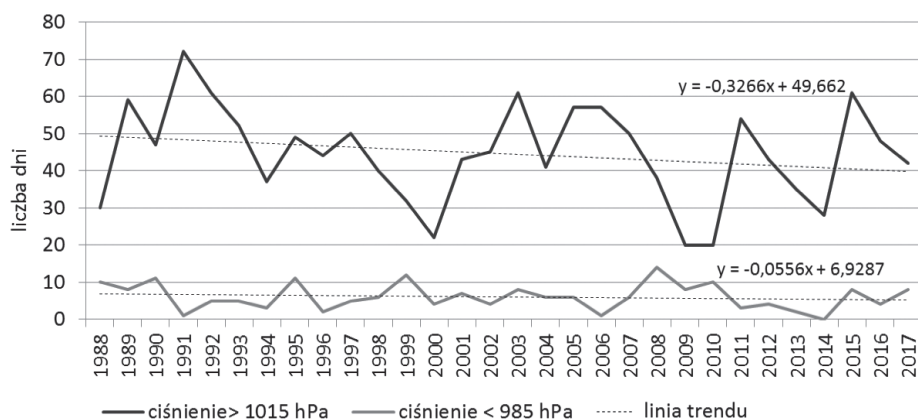
Dni z ciśnieniem o oddziaływaniu bodźcowym powyżej progu 1015 hPa w skali całego roku stanowiły 12,2%, przy czym najczęściej takich dni było w grudniu (24,9%), styczniu (24,4%) i lutym (21,2%) (tab. 4). Dni z ciśnieniem o oddziaływaniu bodźcowym poniżej progu 985 hPa w skali całego roku stanowiły 1,6% i pojawiały się najczęściej w miesiącach zimowych: grudniu (4,1%), styczniu (3,5%) i lutym (4,5%). Miesiącami o najmniejszej częstości występowania bodźcowości związanej ze zmianami ciśnienia w Poznaniu były maj, czerwiec oraz lipiec.

Tabela 4. Częstość [%] występowania dni z ciśnieniem atmosferycznym o działaniu bodźcowym w ciągu roku w Poznaniu (1988–2017)

Table 4. Frequency [%] of occurrence of days with stimulus effect of the air pressure during a year in Poznań (1988–2017)

| Ciśnienie atmosferyczne | Miesiące |      |      |     |     |     |     |      |     |      |      |      | Rok  |
|-------------------------|----------|------|------|-----|-----|-----|-----|------|-----|------|------|------|------|
|                         | I        | II   | III  | IV  | V   | VI  | VII | VIII | IX  | X    | XI   | XII  |      |
| Poniżej 985 hPa         | 3,5      | 4,5  | 2,8  | 0,3 | 0,6 | 0,1 | 0,0 | 0,0  | 0,6 | 1,0  | 2,3  | 4,1  | 1,6  |
| Powyżej 1015 hPa        | 24,4     | 21,2 | 18,7 | 5,8 | 6,6 | 2,2 | 1,5 | 1,0  | 8,8 | 16,6 | 15,2 | 24,9 | 12,2 |

W badanym okresie liczba dni z ciśnieniem o oddziaływaniu bodźcowym charakteryzuje się znacznym wahaniami z roku na rok (ryc. 1). Wyznaczone zostały linie trendu za pomocą dopasowania modelu regresji liniowej. W latach 1988–2017 linie trendu wykazują tendencję spadkową liczby dni z ciśnieniem zarówno poniżej 985 hPa, jak i powyżej 1015 hPa (brak istotności statystycznej). Spadek liczby dni z ciśnieniem powyżej 1015 hPa jest silniejszy.



Ryc. 1. Liczba dni z ciśnieniem o oddziaływaniu bodźcowym w Poznaniu w latach 1988–2017 wraz z liniami trendu

Fig. 1. Number of days with stimulus effect of air pressure in Poznań in years 1988–2017 with the trend lines

## Międziodobowe zmiany ciśnienia atmosferycznego

Podczas występowania międziodobowych zmian ciśnienia powyżej 8 hPa możemy mówić o negatywnym wpływie tego bodźca mechanicznego na organizm człowieka (Kozłowska-Szczęśna i in. 2004). Takie zmiany występują najczęściej przy przechodzeniu frontów atmosferycznych. Większy wpływ na meteoropatów ma front chłodny, ponieważ oprócz zmian ciśnienia przynosi spadek temperatury powietrza.

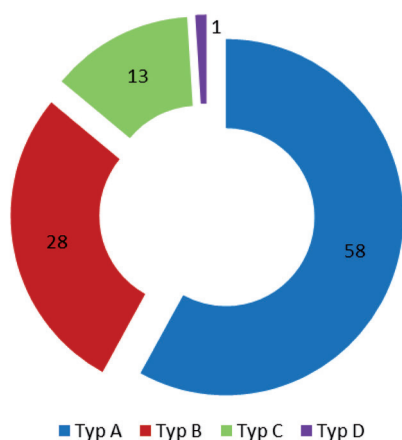
W latach 1988–2017 w Poznaniu średnia wartość międziodobowych zmian ciśnienia atmosferycznego wynosiła 4,3 hPa (tab. 5). Najwyższe średnie wartości zmian międziodobowych ciśnienia występowały od listopada do marca (5,7–5,1 hPa), kiedy to wartości przekraczały średnią o 1,4 hPa. Natomiast najniższe średnie wartości zmian międziodobowych ciśnienia odnotowano w czerwcu–sierpniu, kiedy najniższa wartość wynosiła 2,9 hPa. Najwyższa maksymalna międziodobowa zmiana wystąpiła 28 stycznia 2010 r. i wyniosła 32,9 hPa (tab. 5), natomiast najniższa 24 lipca 1996 r. i wynosiła 11,6 hPa. Wszystkie maksymalne zmiany międziodobowe ciśnienia były zaklasyfikowane do klasy silnej bodźcowości. Na podstawie obliczonego odchylenia standardowego można stwierdzić, że największe zróżnicowanie zmian międziodobowych występuje zimą: grudzień – 4,5 hPa, styczeń – 4,6 hPa oraz luty – 4,5 hPa (tab. 3), najmniejsze zaś latem: czerwiec – 2,4 hPa, lipiec – 2,2 hPa oraz sierpień – 2,2 hPa.

Tabela 5. Średnie miesięczne oraz maksymalne wartości międziodobowych zmian ciśnienia atmosferycznego [hPa] w Poznaniu (1988–2017)

Table 5. Monthly means and maximum values of interdiurnal air pressure changes [hPa] in Poznań (1988–2017)

| Wartość [hPa]          | Miesiące |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | Rok  |
|------------------------|----------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|                        | I        | II   | III  | IV   | V    | VI   | VII  | VIII | IX   | X    | XI   | XII  |      |
| Maksymalna             | 32,9     | 24,7 | 32,1 | 19,8 | 13,7 | 13,4 | 11,6 | 12,7 | 18,3 | 21,4 | 24,0 | 21,1 | 32,9 |
| Rok wystąpienia        | 2010     | 2016 | 2008 | 1997 | 2007 | 2016 | 1996 | 1998 | 2003 | 2017 | 2001 | 1991 | 2010 |
| Średnia                | 5,2      | 5,7  | 5,1  | 4,1  | 3,4  | 3,1  | 2,9  | 2,9  | 3,5  | 4,4  | 5,0  | 5,7  | 4,3  |
| Odchylenie standardowe | 4,6      | 4,5  | 4,2  | 3,3  | 2,7  | 2,4  | 2,2  | 2,2  | 2,8  | 3,6  | 4,0  | 4,5  | 3,4  |

W badanym trzydziestoleciu, na podstawie przyjętej klasyfikacji bodźcowości, przeważał typ A, oznaczający słabe zmiany międziodobowe ciśnienia, występujący w 58% przypadków (ryc. 2). Typ B, tj. umiarkowane zmiany ciśnienia, stanowił 28%. Typ C, oznaczający silne zmiany ciśnienia, dotyczył 13% dni. Najrzadszy był typ D, czyli bodźcowość bardzo silna – zaledwie 1%.



Ryc. 2 Udział [%] dni z określonymi międzydobowymi zmianami ciśnienia atmosferycznego w Poznaniu w latach 1988–2017 (opis typów w tab. 1)

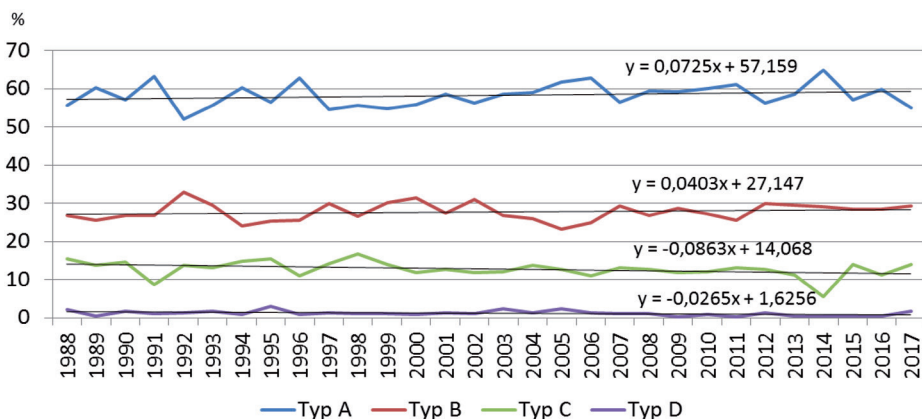
Fig. 2. Share [%] of days with specified interdiurnal air pressure changes in Poznań in years 1988–2017 (type's description in tab. 1)

z największą częstością. Maksimum osiągał w sierpniu (73,8%), minimum zaś w lutym (42,6%). Typ B, określany jako umiarkowana bodźcowość, maksimum osiągał w marcu (31,5%), natomiast minimum w sierpniu (23,3%), przeciwnie do typu A. W ciągu roku amplituda częstości występowania typu B jest

Dni z określonym typem bodźcowości w Poznaniu występują z podobną częstością w kolejnych latach 1988–2017 (ryc. 3). Linie trendu wyznaczone za pomocą dopasowania modelu regresji liniowej we wszystkich typach nie wskazują na występowanie istotnych zmian w analizowanym okresie.

Zróznicowanie częstości występowania dni z międzydobowymi zmianami średniej wartości ciśnienia atmosferycznego w Poznaniu w latach 1988–2017 przedstawiono na rycinie 4. Od września do kwietnia występowały wszystkie cztery typy bodźcowości zmian ciśnienia. Lato charakteryzowało się brakiem bardzo silnej bodźcowości.

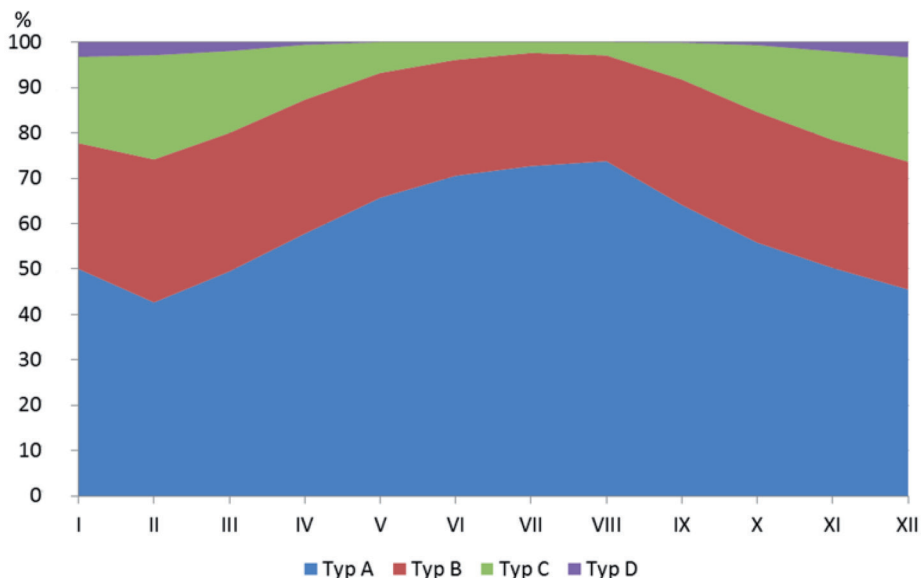
Typ A, określany jako słaba bodźcowość, w ciągu roku występował



Ryc. 3. Częstość dni o określonym typie bodźcowości w latach 1988–2017 w Poznaniu wraz z liniami trendu

Fig. 3. Frequency of days with specified stimuli types in years 1988–2017 in Poznań with the trend lines





Ryc. 4. Rozkład częstości [%] występowania dni z poszczególnymi typami zmian ciśnienia atmosferycznego w ciągu roku w Poznaniu (1988–2017)

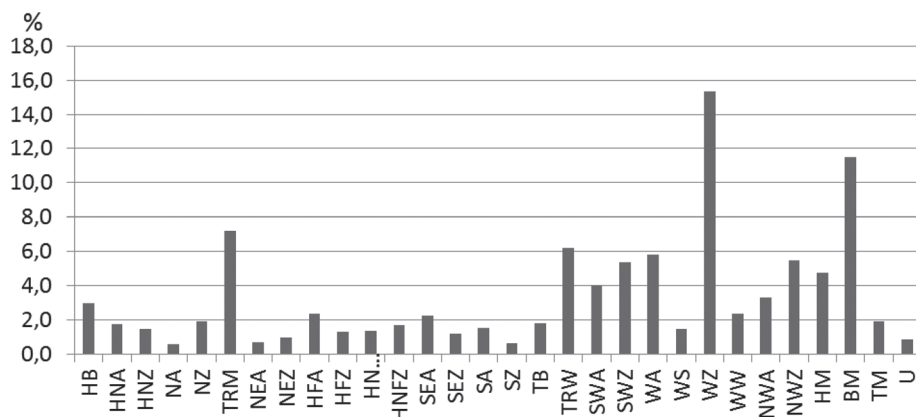
Fig. 4. Frequency distribution [%] of occurrence of days with specified types of air pressure changes during a year in Poznań (1988–2017)

niewielka (8,2%). Można stwierdzić, że rozkład typu B w skali roku jest mało zróżnicowany. Typ C, określane jako silna bodźcowość, osiągał dwa maksima, tj. w lutym i w grudniu (23%), natomiast minimum przypadało na lipiec (2,4%). Częstość typu C jest najmniejsza w okresie od czerwca do lipca, a największa od listopada do marca. Typ D, określane jako bardzo silna bodźcowość, najczęściej występował między listopadem a marcem, z maksimum w grudniu (31%). Między majem a sierpniem typu D nie odnotowano.

Najbardziej korzystnymi miesiącami ze względu na bodźcowość ciśnienia atmosferycznego w Poznaniu w latach 1988–2017 był lipiec i sierpień. Frekwencja silnych bodźców osiągnęła około 2,6%, a bardzo silna bodźcowość nie występowała. Najmniej korzystnymi miesiącami były grudzień i luty, kiedy częstość występowania bodźców silnych wynosiła 23%, a bodźców bardzo silnych około 3%.

#### Międziodobowe zmiany ciśnienia atmosferycznego w zależności od typu cyrkulacji atmosferycznej

Najczęściej występującym typem cyrkulacji atmosferycznej w latach 1988–2017 była cyrkulacja WZ – zachodnia przesunięta ku południowi oraz BM – klin wyżowy nad Europą Środkową (ryc. 5). Występowały one z częstością ponad



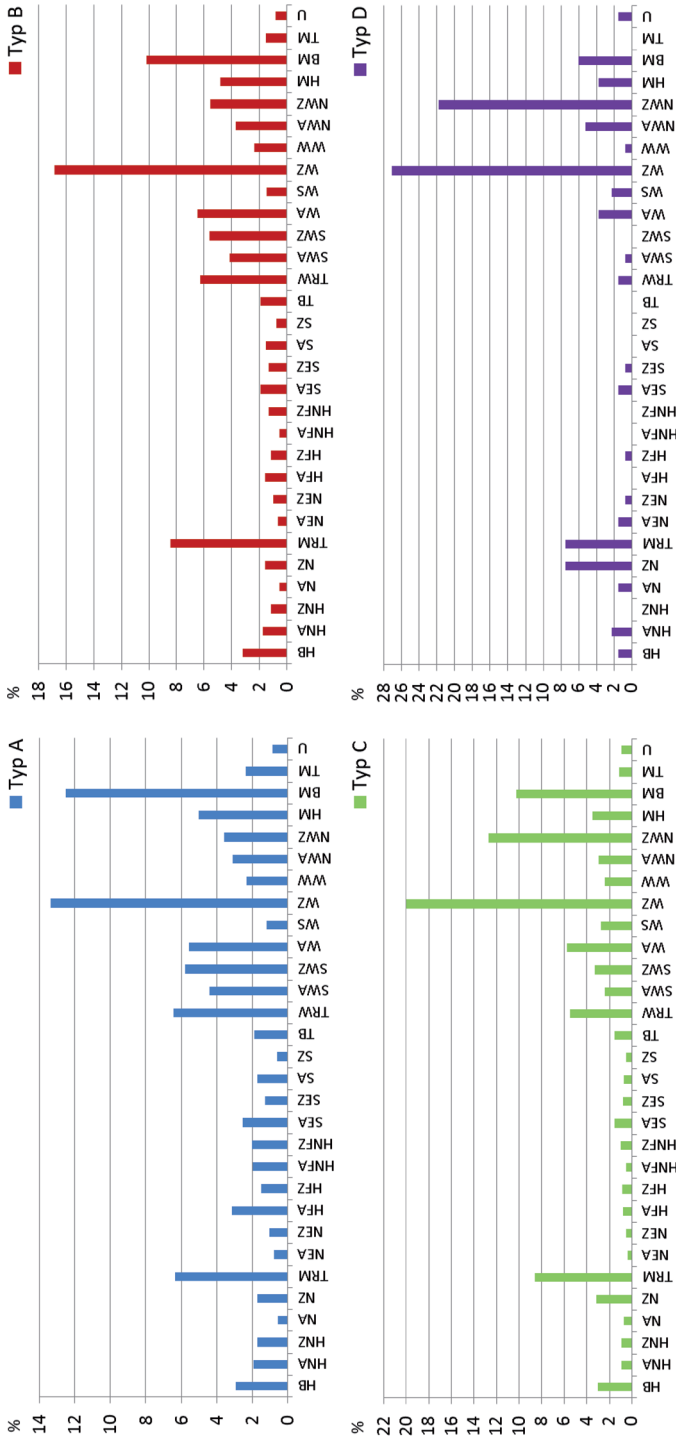
Ryc. 5. Częstość występowania poszczególnych typów cyrkulacji atmosferycznej według klasyfikacji GWL (*Grosswetterlagen*) w Poznaniu (1988–2017)

Fig. 5. Frequency of occurrence of particular types of atmospheric circulation according to GWL (*Grosswetterlagen*) in Poznań (1988–2017)

10%. W omawianym okresie innymi typami cyrkulacji odznaczającymi się wyższą frekwencją były TRM (bruzda nad Europą Środkową) oraz TRW (bruzda nad Europą Zachodnią).

Wszystkie typy zmian ciśnienia pojawiały się z największą frekwencją przy najczęstszej cyrkulacji GWL, tzn. WZ (ryc. 6). Nieco mniejszy wpływ na słabszą bodźcowość zmian (typ A i B) miał typ cyrkulacji BM, natomiast na silniejszą bodźcowość zmian ciśnienia (typ C i D) – typ cyrkulacji NWZ. Międzydobowe zmiany ciśnienia typu A w czasie cyrkulacji WZ występowały z częstością równą 13,4%, a BM – 12,5%. Mniejszy wpływ na ten typ zmian miały cyrkulacje: TRW (6,5%), TRM (6,3%), SWZ (5,8%), WA (5,6%) i SWA (4,4%). Frekwencja dni z typem B, czyli z umiarkowanym odczuciem zmiany ciśnienia z dnia na dzień, w czasie cyrkulacji WZ wynosiła 16,8%, BM – 10,2%, TRM – 8,4%, WA – 6,5% i TRW – 6,3%. Zmiany typu C największą częstość wykazują przy cyrkulacji WZ (20,0%) i NWZ (12,7%), a następnie BM (10,3%) i TRM (8,6%). Na występowanie najsilniejszej bodźcowości ciśnienia (typ D) decydujący wpływ miały typy cyrkulacji atmosferycznej WZ (27,0%) i NWZ (21,8%).

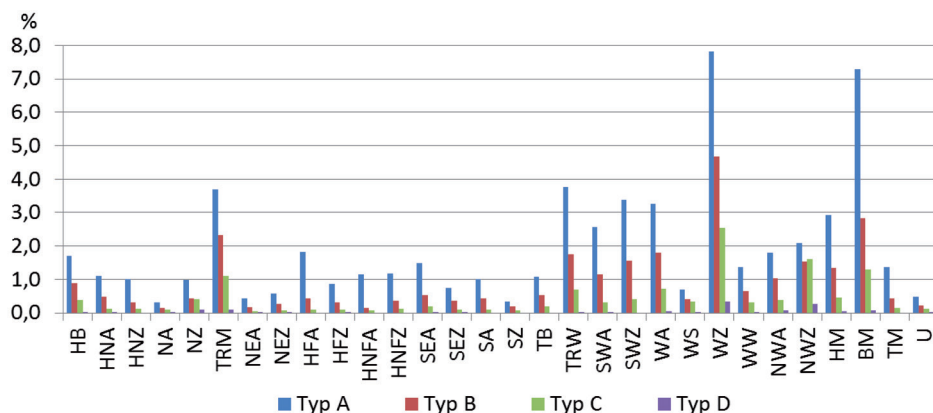
Słaba i umiarkowana bodźcowość (typ A i B) występują równie często podczas cyrkulacji cyklonalnej, jak i antycyklonalnej. Decydujący wpływ na mniejsze zmiany międzydobowe ciśnienia ma napływ powietrza z zachodu. W przypadku międzydobowych zmian ciśnienia powyżej 8 hPa (czyli bodźcowość silna – typ C i bardzo silna – typ D) zauważa się, że najczęściej występują one podczas cyrkulacji cyklonalnej, kiedy masy powietrza napływają z kierunku zachodniego i północno-zachodniego.



Ryc. 6. Częstość występowania typów bodźcowania typów bodźcowości ciśnienia atmosferycznego w poszczególnych typach cyrkulacji GWL (*Grosswetterlagen*) w Poznaniu (1988–2017)

Fig. 6. Frequency of occurrence of specified types of stimulus air pressure changes in GWL (*Grosswetterlagen*) air circulation types in Poznań (1988–2017)

Z analizy prawdopodobieństwa warunkowego wystąpienia określonego typu bodźcowości ciśnienia atmosferycznego w zależności od typu cyrkulacji GWL wynika, że zmian ciśnienia typu A można oczekiwać z największym prawdopodobieństwem. Wystąpienie typu A jest najbardziej prawdopodobne w czasie cyrkulacji WZ i BM (ponad 7%). Podobnie jest w przypadku zmian ciśnienia typu B – prawdopodobieństwo wystąpienia tych zmian w czasie cyrkulacji WZ i BM jest najwyższe (ok. 3–5%). Bodźcowość silna najprawdopodobniej pojawia się w typie WZ, NWZ i BM (1,5–2,5%). Najsilniejsze międzydobowe zmiany ciśnienia są najbardziej prawdopodobne w typach cyrkulacji WZ i NWZ (0,5%).



Ryc. 7. Prawdopodobieństwo warunkowe [%] występowania poszczególnych typów bodźcowości zmian ciśnienia w zależności od typu cyrkulacji atmosferycznej GWL w Poznaniu (1988–2017)

Fig. 7. Conditional probability [%] of occurrence of specified types of stimulus air pressure changes in relation to the atmospheric circulation types GWL in Poznań (1988–2017)

## DYSKUSJA I PODSUMOWANIE

Z przeprowadzonej analizy bodźcowości ciśnienia atmosferycznego w Poznaniu w latach 1988–2017 wynika, że w całym badanym wieloleciu częstość występowania dni z ciśnieniem od 985 hPa do 1015 hPa stanowi ponad 86%. Zaledwie w 14% dni odnotowano ciśnienie o oddziaływaniu bodźcowym, czyli poniżej i powyżej tego zakresu. Nieco inny wynik osiągnął Półrolniczak (2010a) dla Poznania w latach 1951–2000. W jego pracy częstość występowania dni z ciśnieniem poniżej 985 hPa w ciągu roku wynosiła 2%, czyli więcej niż w latach 1988–2017, a częstość występowania dni z ciśnieniem powyżej 1015 hPa wynosiła 11,8%, czyli mniej niż w latach 1988–2017. Zatem w ostatnich latach analizowanego okresu, pomimo stwierdzenia tendencji do spadku liczby dni z ciśnieniem o działaniu bodźcowym w całym okresie 1988–2017, nastąpił

niewielki wzrost częstości ciśnienia powyżej 1015 hPa, a zmalała częstość występowania ciśnienia poniżej 985 hPa.

W skali roku rozkład częstości dni z ciśnieniem poniżej 985 hPa i powyżej 1015 hPa w obu badanych okresach był bardzo podobny – najniższa między czerwcem a lipcem; najwyższa między grudniem i lutym. Stwierdzono, że organizm człowieka mógł najsilniej odczuwać negatywny wpływ ciśnienia atmosferycznego od listopada do marca, natomiast najslabiej od maja do sierpnia. Był to też okres, kiedy najczęściej występowała bodźcowość bardzo silna typu D (międzydobowe zmiany ciśnienia atmosferycznego przekraczają 16 hPa). Wskazuje to na sezonowość bodźcowości ciśnienia atmosferycznego w ciągu roku. Największa była w okresie zimowym, a najmniejsza w okresie letnim. Potwierdzają to rezultaty Kuchcik i in. (2013). Podobną prawidłowość zauważa Półrolniczak dla Poznania (2010a) dla lat 1951–2010 oraz Rozbicka i Rozbicki (2016) dla Warszawy dla lat 2011–2015.

Negatywna reakcja organizmu na zmiany ciśnienia może występować przy zmianach ciśnienia o 2–4 hPa w ciągu 3 godz. lub o 5–10 hPa z dnia na dzień (Delyukov, Didyk 1999). Według Kozłowskiej-Szczęsnej i in. (1997) dla człowieka najbardziej odczuwalne są międzydobowe zmiany powyżej 8 hPa. Takich dni w Poznaniu w latach 1988–2017 było łącznie 1527. Stanowi to zaledwie 14% wszystkich dni. Najczęściej występującymi bodźcami były bodźce słabe. Stanowiły one 58% wszystkich dni. Bodźce umiarkowane stanowiły 28%, bodźce silne – 13%, bodźce bardzo silne – 1%. W Poznaniu w latach 1951–2000 udział typu A był niższy o 1% niż w rozpatrywanym w tym opracowaniu wieloleciu 1988–2017, a udział typów C i D był wyższy o łącznie 1,5% (Półrolniczak 2010a). Kuchcik (1999) zauważyła zależność między dniami z wysokim ciśnieniem atmosferycznym oraz międzydobowymi zmianami ciśnienia o ponad 15 hPa a liczbą zgonów spowodowaną niewydolnością układu krążenia oraz układu oddechowego.

Określono wpływ danego typu cyrkulacji atmosferycznej na występowanie typów bodźcowości międzydobowych zmian ciśnienia atmosferycznego. Zauważa się, że największy wpływ na występowanie typu C (bodźcowość silna) i D (bodźcowość bardzo silna) miał typ cyrkulacji cyklonalnej oraz dopływ mas powietrza z sektora północno-zachodniego, zachodniego oraz północnego. Potwierdzają to wyniki uzyskane we wcześniejszych badaniach (Półrolniczak 2009; Szyga-Pluta, Półrolniczak 2012; Rozbicka, Rozbicki 2016).

Podsumowując, w Poznaniu w latach 1988–2017 najgorzej oddziałujące na organizm człowieka międzydobowe zmiany ciśnienia atmosferycznego występowały między listopadem a lutym. Najkorzystniejszy był okres od maja do sierpnia. Silna i bardzo silna bodźcowość ciśnienia atmosferycznego występowała najczęściej podczas cyrkulacji cyklonalnej z północnego zachodu. Na podstawie uzyskanych wyników stwierdza się, że w Poznaniu organizm człowieka jest najbardziej narażony na negatywny wpływ ciśnienia atmosferycznego w okresie zimowym, szczególnie podczas cyrkulacji cyklonalnej.

## LITERATURA

- Bidzian M., Owczarek M., Smutek J., 2005: *Wpływ warunków biometeorologicznych na jakość życia pacjentek leczonych z powodu wysiłkowego nietrzymania moczu w Gdańsku*, *Balneologia Pol.*, 47(3–4), 94–100.
- Błażejczyk K., 2002: *Znaczenie czynników cyrkulacyjnych i lokalnych w kształtowaniu klimatu i bioklimatu aglomeracji warszawskiej*, *Dok. Geogr.*, 26.
- Błażejczyk K., Kunert A., 2011: *Bioklimatyczne uwarunkowania rekreacji i turystyki w Polsce*, Monografie 13, IGiPZ PAN, Warszawa.
- Bokša V.G., Bogucki B.V., 1980: *Medicinskaja klimatologija i klimatoterapia*, Izdatelstwo Zdorowe, Kiev.
- Delyukov A., Didyk L., 1999: *The effects of extra-low-frequency atmospheric pressure oscillations on human mental activity*, *Internat. Journ. of Biometeorology*, 43(1), 31–37.
- Fortuniak K., Kożuchowski K., Papiernik Ż., 2000: *Sezonowa zmienność ciśnienia atmosferycznego w Warszawie w XIX i XX wieku*, *Przeł. Geofiz.*, 45(1), 17–32.
- Gerstengarbe F.W., Werner P.C., 2005: *Katalog der Großwetterlagen Europas (1881–2004) nach Paul Hess und Helmuth Brezowsky*, 6. Auflage, Selbstverlag des Deutschen Wetterdienstes, Offenbach, Potsdam.
- Gerstengarbe F.W., Werner P.C., Rüge U., 1999: *Katalog der Grosswetterlagen Europas (1881–1998) nach P. Hess and H. Brezowsky*, Offenbach, Potsdam.
- Hess P., Brezowsky H., 1977: *Katalog der Grosswetterlagen Europas 1881–1976. 3. Verbesserte und ergänzte Auflage*, *Berichte des Deutschen Wetterdienstes*, 15(113).
- Höppe P., 2002: *Prevalence of weather sensitivity in Germany*, 15th Conference on Biometeorology and Aerobiology Joint with the 16th International Congress on Biometeorology, Kansas City, USA, 76–79.
- Jankowiak J. (red.), 1976: *Biometeorologia człowieka*, PZWL, Warszawa.
- Jethon Z., Grzybowski A., 2000: *Medycyna zapobiegawcza i środowiskowa*, Wyd. Lekarskie PZWL, Warszawa.
- Kozłowska-Szczęsna T., Błażejczyk K., Krawczyk B., 1997: *Bioklimatologia człowieka. Metody i ich zastosowanie w badaniach bioklimatu Polski*, Monografie 1, IGiPZ PAN, Warszawa.
- Kozłowska-Szczęsna T., Krawczyk B., Kuchcik M., 2004: *Wpływ środowiska atmosferycznego na zdrowie i samopoczucie człowieka*, Monografie 4, IGiPZ PAN, Warszawa.
- Koźmiński C., Michalska B., 2010: *Międziodobowe zmiany ciśnienia atmosferycznego w strefie polskiego wybrzeża Bałtyku*, *Przeł. Geogr.*, 82, 73–84.
- Koźmiński C., Michalska B., 2012: *Międziodobowe zmiany ciśnienia atmosferycznego w Polsce niekorzystne dla organizmy człowieka*, *Przeł. Geogr.*, 84(3), 361–374.
- Krawczyk B., 2003: *Kryteria oceny bioklimatu uzdrowisk*, *Baln. Pol.*, 45, 3–4.
- Martyn D., 1985: *Klimaty kuli ziemskiej*, PWN, Warszawa.
- Kuchcik M., 1999: *Wpływ warunków pogodowych na umieralność mieszkańców Warszawy*, *Baln. Pol.*, 41(1–2), 71–87.
- Kuchcik M., Błażejczyk K., Szmyd J., Milewski P., Błażejczyk A., Baranowski J., 2013: *Potencjał leczniczy klimatu Polski*, SEDNO Wyd. Akad., Warszawa.
- Machalek A., 1997: *Czy jestem meteoropatą?*, WAB, Warszawa.
- Papiernik Ż., 2004: *Międziodobowe zmiany ciśnienia atmosferycznego w Łodzi w latach 1951–2000*, *Baln. Pol.*, 46(1–2), 93–102.
- Półrolniczak M., 2009: *Międziodobowe zmiany ciśnienia atmosferycznego w Poznaniu na tle typów cyrkulacji atmosferycznej*, *Bad. Fizjograf. nad Pol. Zach.*, Ser. A, 60, PTPN, Poznań, 115–132.
- Półrolniczak M., 2010a: *Bioklimat Poznania na tle mechanicznych bodźców biometeorologicznych w latach 1951–2000*, [w:] E. Bednorz, L. Kolendowicz (red.), *Klimat Polski na tle klimatu Europy. Zmiany i ich konsekwencje*, Bogucki Wyd. Nauk., Poznań, 107–119.
- Półrolniczak M., 2010b: *Międziodobowe zmiany ciśnienia atmosferycznego na obszarze środkowej*

- Europy w latach 1951–2000 jako czynnik wpływający na zdrowie człowieka*, Bogucki Wyd. Nauk., Poznań.
- Półrolniczak M., 2010c: *Sezony bioklimatyczne międzydobowych zmian ciśnienia atmosferycznego w Poznaniu w drugiej połowie XX wieku*, *Bad. Fizjograf.*, Ser. A, 61, 73–89.
- Przybyła R., 1994: *Próba określenia wpływu stanów pogody na samopoczucie chorych psychicznie w Zakopanem*, [w:] A. Bokwa, A. Mroczka, R. Przybyła, J. Śmiałkowski, R. Twardosz (red.), *Wybrane zagadnienia z klimatologii i bioklimatologii*, Zesz. IGiPZ PAN, 24, 31–48.
- Rozbicka K., Rozbicki T., 2016: *Zależność bodźcowości ciśnienia od cyrkulacji atmosferycznej w Warszawie*, *Act. Scientiarum Polonorum Formatio Circumiectus*, 15(3), 121–136.
- Szyga-Pluta K., 2017: *Występowanie uciążliwych warunków pogodowych w strefie polskiego wybrzeża Bałtyku*, *Act. Baln.*, 59, 4(150), 360–368.
- Szyga-Pluta K., Półrolniczak M., 2012: *Międzydobowe zmiany ciśnienia atmosferycznego w Poznaniu na tle typów cyrkulacji GWL (Grosswetterlagen)*, *Przeł. Geogr.*, 84(3), 423–435.
- Ungeheuer H., 1957: *Das menschliche Befinden bei verschieden Wettertypen*, *Therapiewoche*, 7, 11–17.
- Ustrnul Z., Czekiarda D., 2000: *Air pressure extremes during the instrumental observation period in Warsaw*, *Pr. Geogr.*, 108, 207–213.
- Werner P.C., Gerstengarbe F.-W., 2010: *Katalog der Großwetterlagen Europas (1881–2009) nach Paul Hess und Helmut Brezowsky*, 7. verbesserte und ergänzte Auflage. PIK Report 119 <[www.dwd.de/GWL](http://www.dwd.de/GWL)> [dostęp: 20.02.2018].
- WMO No. 892, *Weather, Climate and Health*, Genewa.