

Bartosz CZERNECKI

Centrum Monitoringu Klimatu Polski IMGW-PIB – Warszawa

Mirosław MIĘTUS

Katedra Meteorologii i Klimatologii UG

PORÓWNANIE STOSOWANYCH KLASYFIKACJI TERMICZNYCH NA PRZYKŁADZIE WYBRANYCH REGIONÓW POLSKI

COMPARISON OF THERMAL CLASSIFICATION FOR SELECTED REGIONS OF POLAND

Metody klasyfikacji termicznych zajmują coraz bardziej istotną pozycję wśród stosowanych metod klasyfikacyjnych w klimatologii. Wzrostu ich popularności należy upatrywać m.in. w zwiększającej się grupie odbiorców zainteresowanych szeroko pojmowanymi zjawiskami o charakterze ekstremalnym oraz zmianami klimatycznymi i ich detekcją. Dzięki przedstawianiu rezultatów klasyfikacji w krótkiej i przystępnej formie są one często wykorzystywanym narzędziem badawczym m.in. do diagnozowania występowania okresów o charakterze odbiegającym od normowego.

Pomimo częstego posługiwania się rezultatami klasyfikacji termicznych, dotychczas zagadnienie to nie spotykało się ze zbyt dużym zainteresowaniem wśród polskich klimatologów. Brak uniwersalnego kryterium wyznaczania wartości granicznych oddzielających okresy normalne, anomalne i ekstremalne sprawia, że liczba przyjmowanych klas termicznych oraz ich zakres może się znacznie różnić w zależności od przyjętej metody. Pewnych wytycznych dotyczących podejścia metodycznego wyznaczania okresów odbiegających od normy można doszukiwać się w raportach IPCC (2001), gdzie ekstremalne zjawisko pogodowe zostało zdefiniowane prawdopodobieństwem wystąpienia w danym miejscu poniżej 10% lub powyżej 90% (Miętus, 2005; Ustrnul, 2005) Mimo to, podejście probabilistyczne












przez szereg lat nie znajdowało swojego potwierdzenia w metodach klasyfikacyjnych stosowanych do obszaru Polski, a powstałe w ciągu lat szerokie spektrum metodyczne sprawia, że wystąpienie okresu o charakterze normalnym, anomalnym bądź ekstremalnym pod względem termicznym nie zawsze jest jednoznaczne w różnych klasyfikacjach. Stąd też główny cel niniejszej pracy, jakim jest przedstawienie konsekwencji wynikających ze stosowania różnych metod klasyfikacyjnych, z uwzględnieniem korzyści oraz zastrzeżeń związanych z ich aplikacyjnością.

Klasyfikacja termiczna według Lorenc

W ciągu lat zmieniała się zarówno liczba wydzielonych klas termicznych, ich opis słowny oraz koncepcja wyznaczania wartości progowych. W skali kraju należy wspomnieć przede wszystkim o pracach Warakomskiego (1992, 1995), który jako pierwszy posłużył się wartościami odchylenia standardowego do ustalenia okresów „łagodnych”, „umiarkowanych” i „surowych”. Nawiązanie do koncepcji Warakomskiego można odnaleźć w późniejszej pracy Lorenc i Suwalskiej-Boguckiej (1996), dotyczących oceny sezonów zimowych na wybranych 10 polskich stacjach, oraz w pracy Lorenc (2000), gdzie sklasyfikowano pod kątem termicznym (i opadowym) sezony i lata na 43 polskich stacjach meteorologicznych. Przyjęte wartości graniczne poszczególnych klas ustalono jak na schemacie w tab. 1.

Tabela 1. Kryteria klasyfikacji termicznej miesięcy, pór roku i lat wg Lorenc (2000)

Table 1. Criteria for thermal classification of months, seasons and years proposed by Lorenc (2000)

Skala barw	nr klasy w obliczeniach	Opis słowny	Wartości progowe temperatury powietrza
	1	ekstremalnie ciepły	$T_z > T_{sr} + 2.5\sigma$
	2	anomalnie ciepły	$T_{sr} + 2,0\sigma < T_z \leq T_{sr} + 2,5\sigma$
	3	bardzo ciepły	$T_{sr} + 1,5\sigma < T_z \leq T_{sr} + 2,0\sigma$
	4	ciepły	$T_{sr} + 1,0\sigma < T_z \leq T_{sr} + 1,5\sigma$
	5	lekko ciepły	$T_{sr} + 0,5\sigma < T_z \leq T_{sr} + 1,0\sigma$
	6	normalny	$T_{sr} - 0,5\sigma \leq T_z \leq T_{sr} + 0,5\sigma$
	7	lekko chłodny (l. mroźny)	$T_{sr} - 1,0\sigma \leq T_z < T_{sr} - 0,5\sigma$
	8	chłodny (mroźny)	$T_{sr} - 1,5\sigma \leq T_z < T_{sr} - 1,0\sigma$
	9	bardzo chłodny (mroźny)	$T_{sr} - 2,0\sigma \leq T_z < T_{sr} - 0,5\sigma$
	10	anomalnie chłodny (mroźny)	$T_{sr} - 2,5\sigma \leq T_z < T_{sr} - 2,0\sigma$
	11	ekstremalnie chłodny (mroźny)	$T_z < T_{sr} - 2,5\sigma$

T_z - średnia roczna temperatura powietrza; T_{sr} - temperatura średnia powietrza z wielolecia 1971-2000; σ - odchylenie standardowe.

Założenia metody zaproponowane przez wspomniane autorki znalazły zastosowanie przy klasyfikowaniu wartości średnich miesięcznych, sezonowych i rocznych temperatury powietrza w wydawanych przez IMGW od roku 2003¹ *Biuletynach PSHM* oraz na stronie internetowej Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej PIB (zakładka Wiedza → Klimatologia), przyjmując jako okres referencyjny lata 1971-2000. Klasyfikacja zaproponowana przez Lorenc jest obecnie jedną z najczęściej spotykanych klasyfikacji termicznych w polskiej literaturze klimatologicznej (m.in. Przybylak, Pospieszńska, 2010; Uscka-Kowalkowska, Kejna, 2009; Stępień, 2009), a jej założenia zostały przyjęte m. in. w ramach Zintegrowanego Monitoringu Środowiska Przyrodniczego (Kostrzewski i in., 2006).

Omawiana klasyfikacja oparta jest na regule „trzech sigm”, co w konsekwencji oznacza przyjęcie milczącego założenia wystąpienia rozkładu normalnego dla populacji rejestrowanych wartości temperatury powietrza. Założenie tego typu w praktyce nie może być całkowicie zrealizowane ze względu na fakt, że rozkład gaussowski ma niezerową gęstość prawdopodobieństwa w każdym przedziale i jest w większości przypadków realizowane z dużym przybliżeniem, które pozwala na przyjęcie dla rozkładu unormowanego, że $\sim 68,3\%$ wartości cechy leży w przedziale $\pm 1,0\sigma$ od wartości oczekiwanej, $\sim 95,5\%$ wartości cechy leży w przedziale $\pm 2,0\sigma$ (Boczarow, 1976). Tylko mniej niż 3% wyników powinno znajdować się poza przedziałem $\pm 3,0\sigma$ i mniej niż 1 przypadek na 10000 poza przedziałem $\pm 4,0\sigma$ od wartości średniej. Dla oceny przydatności stosowania klasyfikacji ważne jest zatem określenie rzeczywistej gęstości prawdopodobieństwa występowania średnich wartości temperatury przy wartościach granicznych przyjętych w omawianej klasyfikacji termicznej, czyli klasy $\pm 2,5\sigma$ w przypadku rozkładu unormowanego powinny zawierać $95,8\%$ wszystkich przypadków.

Kwantyłowa klasyfikacja termiczna







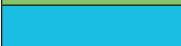




W ostatnich latach coraz większe uznanie zyskują klasyfikacje oparte na interwałach skali wyznaczonych przez określone wartości kwantyli. Statystycznie rzecz biorąc, użycie miary percentylowej (kwantyla rzędu $k/100$) wskazuje na wartość, poniżej której mieści się dany procent populacji, pozwalając jednocześnie na oszacowanie wartości mediany oraz wartości ekstremalnych. Tego typu klasyfikacje są stosowane m.in. przez IPCC do oceny zmian klimatycznych w określonych przedziałach czasowych, w projekcie ECA 2000 poświęconym zmianom klimatu w skali europejskiej (Klein Tank i in., 2002), czy też w skali kraju do wykrycia wartości ekstremalnych dobowej temperatury powietrza (Stepanek i in., 2008).

¹ Wcześniej jako *Miesięczny Biuletyn Hydrologiczno-Meteorologiczny* oraz *Biuletyn Agrometeorologiczny*.

Po raz pierwszy użycie tej metody w polskiej klimatologii zostało zaproponowane przez Miętusa do badań zmienności warunków termicznych na obszarze Wybrzeża (Miętus i in., 2002) i okolic Jezior Raduńskich (Miętus i in., 2006), a także do oceny warunków termicznych powierzchniowej warstwy wód południowego Bałtyku (Miętus i in., 2005). Koncepcja użycia kwantyli do klasyfikowania zjawisk meteorologicznych znalazła swoje zastosowanie również do opisu zmienności warunków opadowych w polskiej strefie wybrzeża Morza Bałtyckiego (Miętus i in., 2005).

Zastosowanie klasyfikacji opartej na kwantylach jest obecnie główną metodą określania warunków termicznych i pluwialnych na obszarze Pojezierza Kaszubskiego w *Uniwersyteckich Biuletynach Klimatu* wydawanych przez Uniwersytet Gdański (Wyszkowski i in., 2010) oraz w *Biuletynach Monitoringu Klimatu Polski* regularnie publikowanych przez IMGW PIB (Miętus i in., 2010). Zaproponowaną przez Miętusa skalę klasyfikacji kwantylowej (tab. 2) wykorzystano także w badaniach Koźmińskiego i Michalskiej (2008) jako podstawowe kryterium wyznaczania zmienności dobowej temperatury minimalnej na Wybrzeżu. Zastosowana w wymienionych opracowaniach klasyfikacja nawiązuje liczebnością klas oraz ich opisem do wcześniej opisanej klasyfikacji Lorenc, również przy zastosowaniu przedziałów o zróżnicowanej szerokości (tab. 2).

Tabela 2. Kryteria kwantylowej klasyfikacji termicznej miesięcy, pór roku i lat
Table 2. Criteria for thermal quantile classification of months, seasons and years

Skala barw	nr klasy w obliczeniach	Opis słowny	Rząd percentyli Wartości progowe temperatury powietrza
	1	ekstremalnie ciepły	> 95,00
	2	anomalnie ciepły	90,01 – 95,00
	3	bardzo ciepły	80,01 – 90,00
	4	ciepły	70,01 – 80,00
	5	lekko ciepły	60,01 – 70,00
	6	normalny	40,01 – 60,00
	7	lekko chłodny (l. mroźny)	30,01 – 40,00
	8	chłodny (mroźny)	20,01 – 30,00
	9	bardzo chłodny (mroźny)	10,01 – 20,00
	10	anomalnie chłodny (mroźny)	5,00 – 10,00
	11	ekstremalnie chłodny (mroźny)	< 5,00

Źródło: Miętus i in., 2002

Przedstawione przykłady publikacji wskazują na dużą uniwersalność klasyfikacji opartych na mierze kwantylowej, które mogą być stosowane w klimatach o dowolnym przebiegu rocznym, dostarczając jednocześnie cennych informacji o jednakowym prawdopodobieństwie występowania określonego termicznie przedziału. Potwierdzeniem uniwersalności klasyfikacji jest także jej coraz częstsze wykorzystanie w aplikacjach GIS do definiowania przedziałów skali analizowanego zjawiska. Według rekomendacji wydawanych przez producentów tego typu oprogramowania, przydatność skali kwantylowej wzrasta w przypadku wizualizacji przestrzennej zjawisk o rozkładzie zbliżonym do liniowego lub też analizowania serii danych o małym rozrzucie.

Metody i zakres badań

Przeprowadzona analiza zgromadzonego materiału badawczego dotyczy średnich wartości temperatury powietrza przy zastosowaniu podziału obszaru Polski według regionalizacji fizycznogeograficznej Kondrackiego (2002), przy przyjęciu podprovincji jako głównej jednostki podziału. Ponadto największe obszarowo jednostki podzielono względem południka 19°E na część wschodnią i zachodnią, otrzymując ostatecznie 14 jednostek przestrzennych (wliczając Polskę, Polskę Wschodnią i Polskę Zachodnią), analogicznie do podziału przyjętego w *Biuletynach Monitoringu Klimatu Polski* (Miętus i in., 2010).

Do analizy wzięto pod uwagę uśrednione obszarowo (Biernacik i in., 2010) wartości temperatury powietrza z okresu 1951-2008 z miesięcy, sezonów i lat pochodzące z sieci obserwacji meteorologicznych IMGW PIB, przyjmując jako okres referencyjny lata 1971-2000. Zakres materiału objął ostatecznie 985 średnich miesięcznych wartości temperatury powietrza oraz 232 wartości sezonowe i 58 wartości rocznych w każdym z regionów, co należy uznać za materiał badawczy wystarczający pod względem liczebności próby na potrzeby dalszej analizy statystycznej.

Zgodność rozkładów empirycznych z teoretycznym przebiegiem rozkładu normalnego sprawdzono przy użyciu testów Kołmogorowa-Smirnowa oraz Shapiro-Wilka na poziomie istotności $1-\alpha=0,05$.

Ocena aplikacyjności klasyfikacji termicznej według Lorenc

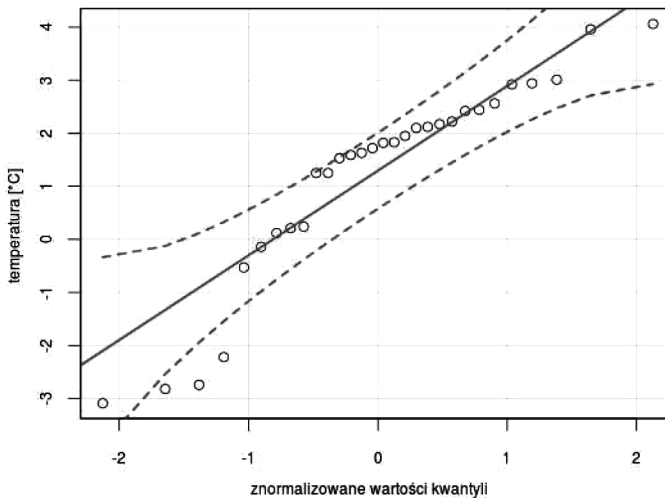
Przy ocenianiu aplikacyjności klasyfikacji termicznych istotne jest wypracowanie odpowiednich kryteriów pozwalających na wykazanie różnic jakościowych i ilościowych występujących między klasyfikacjami, wynikającymi z przyjętych założeń metodycznych. W związku z tym wzięto pod uwagę następujące cechy mogące wpłynąć na jakość klasyfikacji:

- poprawność przyjętych założeń klasyfikujących i ich uniwersalność,

- wykorzystywaną w rzeczywistości liczbę przedziałów termicznych w stosunku do przyjętego pierwowzoru,
- określenie „czułości” klasyfikacji,
- łatwość interpretacji uzyskanych rezultatów klasyfikacji i formy ich prezentacji.

Mimo stosunkowo powszechnego stosowania klasyfikacji zaproponowanej przez Lorenc, której wyniki są często podstawowym źródłem informacji o wahaaniach klimatu w Polsce (Kundzewicz, 2008), pojawiają się także wątpliwości związane z opieraniem koncepcji klasyfikacyjnej na zasadzie „trzech sigm” bez uwzględnienia w jej stosowaniu wartości progowych, poniżej których wartości analizowanego elementu nie występują (Miętus i in., 2002).

Pomimo często przyjmowanego milczącego założenia dotyczącego wystąpienia rozkładu normalnego wartości średnich miesięcznych temperatury powietrza, nie zawsze taki rozkład występuje w rzeczywistości. Przeprowadzone testy statystyczne dla zgodności rozkładów empirycznych z rozkładem normalnym w okresie referencyjnym wskazują na brak wystąpienia omawianego rozkładu w 17 przypadkach według testu Kołmogorowa-Smirnowa i 9 według testu Shapiro-Wilka. Tylko w 2 regionach wszystkie serie miesięczne były zgodne z przyjętymi założeniami metodycznymi klasyfikacji. Przykładowe odstępstwa od rozkładu normalnego przedstawiono na wartościach średniej temperatury powietrza w grudniu w regionie Pasa Północno-Południowobałtyckich (rys. 1).



Rys. 1. Wykres kwantylowy z zaznaczonymi przedziałami ufności dla średnich wartości miesięcznych grudnia w okresie referencyjnym (1971-2000) w Pasiu Północno-Południowobałtyckich

Fig. 1. Gaussian P-P plot of monthly mean air temperatures of December 1971-2000, on the Polish coast of the Baltic Sea. Dashed lines follow significance level of $1 - \alpha = 0.05$

Konsekwencją stosowania przedziałów o jednakowej szerokości jest dość duży udział klas pustych (tab. 3). Tylko w jednym z analizowanych regionów udało się

Tabela 4a. Liczba wystąpień w poszczególnych klasach w skali zaproponowanej przez Lorenc dla wartości średnich miesięcznych w wybranych regionach

Table 4a. Numbers of occurrence of individual classes in scale proposed by Lorenc for mean monthly temperature in chosen regions

REGION		11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
Polska	Σ	4	19	36	60	86	265	112	66	31	13	4
	%	0,6	2,7	5,2	8,6	12,4	38,1	16,1	9,5	4,5	1,9	0,6
Polska Wschodnia	Σ	7	15	36	52	84	266	116	76	28	11	5
	%	1,0	2,2	5,2	7,5	12,1	38,2	16,7	10,9	4,0	1,6	0,7
Polska Zachodnia	Σ	5	20	32	74	72	280	100	69	25	16	3
	%	0,7	2,9	4,6	10,6	10,3	40,2	14,4	9,9	3,6	2,3	0,4
Część zachodnia Nizin Środkowopolskich	Σ	6	20	29	65	87	272	108	65	27	13	4
	%	0,9	2,9	4,2	9,3	12,5	39,1	15,5	9,3	3,9	1,9	0,6
Część wschodnia Pojezierzy Południowobałtyckich	Σ	7	14	30	63	77	265	129	65	26	15	5
	%	1,0	2,0	4,3	9,1	11,1	38,1	18,5	9,3	3,7	2,2	0,7

Tabela 4b. Liczba wystąpień w poszczególnych klasach w skali zaproponowanej przez Lorenc dla wartości średnich rocznych w wybranych regionach

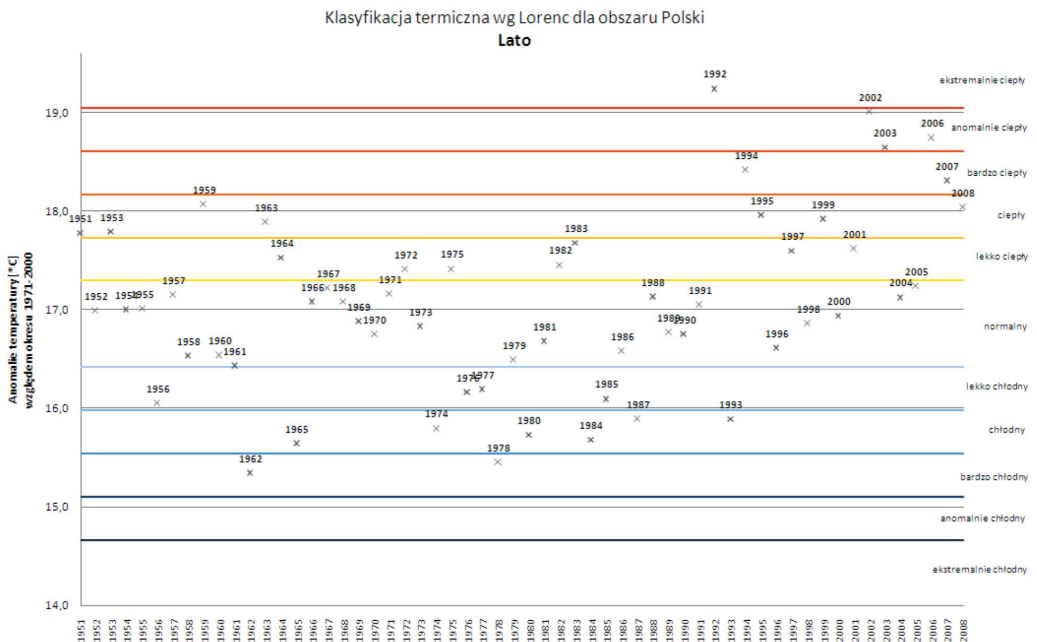
Table 4b. Numbers of occurrence of particular classes in scale proposed by Lorenc for mean yearly temperature in chosen regions

REGION		11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
Polska	Σ	0	1	5	7	5	26	5	5	4	0	0
	%	0,0	1,7	8,6	12,1	8,6	44,8	8,6	8,6	6,9	0,0	0,0
Polska Wschodnia	Σ	0	1	3	8	6	25	5	6	4	0	0
	%	0,0	1,7	5,2	13,8	10,3	43,1	8,6	10,3	6,9	0,0	0,0
Polska Zachodnia	Σ	0	1	6	6	7	21	6	8	3	0	0
	%	0,0	1,7	10,3	10,3	12,1	36,2	10,3	13,8	5,2	0,0	0,0
Część zachodnia Nizin Środkowopolskich	Σ	0	1	6	5	6	21	9	7	3	0	0
	%	0,0	1,7	10,3	8,6	10,3	36,2	15,5	12,1	5,2	0,0	0,0
Część wschodnia Pojezierzy Południowobałtyckich	Σ	0	0	5	7	5	25	7	5	4	0	0
	%	0,0	0,0	8,6	12,1	8,6	43,1	12,1	8,6	6,9	0,0	0,0

Zestawiając sklasyfikowane wartości średniej miesięcznej temperatury powietrza, uzyskano procentowy udział liczebności w poszczególnych klasach w każdym z regionów (tab. 4a). Różnice udziału procentowego odpowiadających klas analizowanych między regionami rzadko przekraczają 2-3%, co wskazuje na zbliżony rozkład wystąpienia poszczególnych klas bez względu na obszar analizy.

Potwierdzeniem tej tezy może być przykład regionu Nizin Środkowopolskich oraz pasa Wybrzeży PołudniowoBałtyckich, gdzie od czerwca do września nie występują miesiące ekstremalnie i anomalnie zimne, z wyjątkiem pojedynczej anomalii w sierpniu 1956 r. na Wybrzeżu. Prawidłowość dotycząca omawianego przebiegu klasyfikowania występuje w większym nasileniu w przypadku wartości miesięcznych, choć na Wybrzeżu oraz na Nizinach jest ona zauważalna także w ujęciu sezonowym (tab. 3). W wymienionych podprovincjach nie stwierdzono zim ekstremalnie i anomalnie ciepłych, a także ekstremalnie ciepłych wiosen (w przypadku Karpat także anomalnie ciepłych), latem natomiast nie odnotowano wystąpień dwóch skrajnych klas chłodnych w Karpatach i na Nizinach oraz ekstremalnie i anomalnie ciepłych jesieni na obszarze Karpat.

Zdaniem autorów, omówione prawidłowości związane z okresowością polaryzacji klas skrajnych zaprezentowanych w tab. 3, 4a, 4b mogą stanowić poważny kontrargument wobec stosowalności omówionej klasyfikacji i porównywalności pod względem termicznym różnych miesięcy czy też pór roku.



Rys. 3. Ocena termiczna sezonu letniego na obszarze Polski wg klasyfikacji termicznej Lorenc w latach 1951-2008 dla okresu referencyjnego 1971-2000

Fig. 3. Evaluation of summer season's thermal character in Poland according to thermal classification proposed by Lorenc in years 1951-2008. Reference period 1971-2000

Zmniejszony zakres wykorzystywanej skali widać wyraźnie m.in. na przykładzie zestawienia wartości z września na obszarze Karpat, gdzie w ciągu 58 lat wystą-

piło jedynie 7 spośród 11 klas (tab. 3). Zdecydowanie liczniejsze są przypadki braku występowania trzech klas, co w połączeniu z silną polaryzacją klas skrajnych i przesunięciem wykorzystywanego zakresu (np. marzec w podprowincji Karpat) mogą nasuwać wątpliwości co do słuszności przyjętych założeń metodycznych, tym bardziej jeśli wziąć pod uwagę zsumowany zakres skali wykorzystywany w klasyfikacji Lorenc w wybranych regionach, wynoszący od 78,6% na obszarze Karpat do 81,8% w pasie Wybrzeży. Przypadki nieciągłego klasyfikowania oraz niepełnego wykorzystywania zakresu przyjętej skali stwierdzono także w pozostałych regionach, potwierdzając jednocześnie tezę występującej cykliczności rocznej oraz braku występowania klas skrajnych, co jest szczególnie widoczne w przypadku wartości sezonowych oraz rocznych.

Uzyskane wielkości statystyczne charakteryzujące rozkład klasyfikowanych średnich wartości temperatury powietrza zamieszczono w tab. 5. W kolumnach ułożono okresy rozpoczynające się od tego samego roku jako początku okresu referencyjnego, a przy przesunięciu w dół strony okres referencyjny ulega wydłużeniu o dekadę. W pierwszej kolejności porównano wartości kurtozy, będącej miarą charakteryzującą względną szczytowości lub płaskość uzyskanego przebiegu w stosunku do rozkładu normalnego. Obliczone wartości kurtozy różnią się od oczekiwanej wartości 0 o co najmniej 0,5, wartości trzeciego momentu centralnego o ok. 0,006, natomiast wartości skośności rozkładu od 0,06 do 0,23. Uzyskane wyniki wskaźnika asymetrii ani razu nie wskazują na idealną symetrię wystąpienia rozkładu normalnego w przebiegu funkcji rozkładu (od -0,0008 do -0,0015), choć w większości przypadków otrzymane wartości określające normalność rozkładu są bliskie wartościom oczekiwany. Współczynnik asymetrii wskazując zarówno na kierunek, jak i na siłę asymetrii, wskazuje na niewielką przewagę klas ciepłych. Jest to naturalna konsekwencja trendu ocieplania szczególnie widocznego w ciągu ostatniej dekady, która wykracza poza przyjęty okres referencyjny, nie modyfikując wartości odniesienia, a więc także wzorcowych wartości odchylenia standardowego.

Przeprowadzony eksperyment polegający na zmianie okresów referencyjnych nie zmienił znacząco wartości omawianych miar statystycznych opisujących właściwe rozkłady klasyfikacji, przyczyniając się jedynie do niewielkich zmian w asymetrii częstości występowania poszczególnych wartości, których potwierdzeniem są zmiany współczynnika asymetrii oraz wielkości różnicy między medianą i średnią arytmetyczną (tab. 5). Warto także zauważyć, że wydłużenie okresu referencyjnego niesie za sobą w każdym z przypadków wzrost kurtozy, a więc i zwiększenie liczebności klas średnich. Wzrost ten może wynieść ponad 5% dla klasy normalnej przy wydłużeniu okresu normatywnego o co najmniej kilkanaście lat (np. lata 1951-80 i 1951-2008 oraz 1971-90 i 1971-2008). Poza wymienionymi przykładami nie występują żadne istotne statystycznie prawidłowości, jeśli brać pod uwagę jedynie zmiany długości okresu referencyjnego. W zdecydowanej więk-

szości bliższe idealnemu rozkładowi normalnemu są populacje wartości średnich miesięcznych, następnie wartości sezonowych, a najmniej zgodne są populacje wartości średnich rocznych.

Tabela 5. Wybrane miary statystyczne opisujące rozkład sklasyfikowanych wartości temperatury powietrza w różnych okresach referencyjnych w Polsce względem rozkładu normalnego

Table 5. Chosen statistical measurements of classified values for different reference period in Poland in Lorenç's thermal classification in comparison with normal distribution

1951-1980	kl.	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
	Σ	6	7	32	52	77	238	126	85	50	15	8
	%	0,9	1,0	4,6	7,5	11,1	34,2	18,1	12,2	7,2	2,2	1,1
	Średnia	5,697			Kurtoza				0,507			
	Mediana	6,000			Trzeci moment centralny				-0,0057			
	Skośność	0,106			Współczynnik asymetrii				-0,0011			
1951-1990	kl.	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
	Σ	5	9	37	48	79	252	118	83	47	11	7
	%	0,7	1,3	5,3	6,9	11,4	36,2	17,0	11,9	6,8	1,6	1,0
	Średnia	5,774			Kurtoza				0,530			
	Mediana	6,000			Trzeci moment centralny				-0,0058			
	Skośność	0,123			Współczynnik asymetrii				-0,0011			
1951-2000	kl.	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
	Σ	4	10	35	60	78	261	125	74	34	10	5
	%	0,6	1,4	5,0	8,6	11,2	37,5	18,0	10,6	4,9	1,4	0,7
	Średnia	5,889			Kurtoza				0,633			
	Mediana	6,000			Trzeci moment centralny				-0,0061			
	Skośność	0,120			Współczynnik asymetrii				-0,0014			
1951-2008	kl.	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
	Σ	5	10	42	62	79	277	118	67	26	7	3
	%	0,7	1,4	6,0	8,9	11,4	39,8	17,0	9,6	3,7	1,0	0,4
	Średnia	6,030			Kurtoza				0,688			
	Mediana	6,000			Trzeci moment centralny				-0,0064			
	Skośność	0,220			Współczynnik asymetrii				-0,0015			

1961-1990	kl.	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
	Σ	4	12	36	48	80	249	117	80	41	23	6
	%	0,6	1,7	5,2	6,9	11,5	35,8	16,8	11,5	5,9	3,3	0,9
	Średnia	5,756			Kurtoza						0,428	
	Mediana	6,000			Trzeci moment centralny						-0,0057	
	Skośność	0,057			Współczynnik asymetrii						-0,0010	

1961-2000	kl.	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
	Σ	3	14	35	60	78	268	122	67	36	9	4
	%	0,4	2,0	5,0	8,6	11,2	38,5	17,5	9,6	5,2	1,3	0,6
	Średnia	5,934			Kurtoza						0,593	
	Mediana	6,000			Trzeci moment centralny						-0,0062	
	Skośność	0,143			Współczynnik asymetrii						-0,0014	

1961-2008	kl.	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
	Σ	5	15	34	71	81	276	116	64	24	7	3
	%	0,7	2,2	4,9	10,2	11,6	39,7	16,7	9,2	3,4	1,0	0,4
	Średnia	6,073			Kurtoza						0,729	
	Mediana	6,000			Trzeci moment centralny						-0,0064	
	Skośność	0,226			Współczynnik asymetrii						-0,0015	

1971-1990	kl.	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
	Σ	10	18	32	49	83	247	107	72	44	21	13
	%	1,4	2,6	4,6	7,0	11,9	35,5	15,4	10,3	6,3	3,0	1,9
	Średnia	5,809			Kurtoza						0,526	
	Mediana	6,000			Trzeci moment centralny						-0,0056	
	Skośność	0,074			Współczynnik asymetrii						-0,0008	

1971-2000	kl.	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
	Σ	4	19	36	60	86	265	112	66	31	13	4
	%	0,6	2,7	5,2	8,6	12,4	38,1	16,1	9,5	4,5	1,9	0,6
	Średnia	6,001			Kurtoza						0,576	
	Mediana	6,000			Trzeci moment centralny						-0,0062	
	Skośność	0,127			Współczynnik asymetrii						-0,0013	

1971-2008	kl.	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
	Σ	7	19	35	73	83	283	103	57	26	7	3
	%	1,0	2,7	5,0	10,6	11,9	40,7	14,8	8,2	3,7	1,0	0,4
	Średnia	6,154			Kurtoza						0,734	
	Mediana	6,000			Trzeci moment centralny						-0,0065	
	Skośność	0,235			Współczynnik asymetrii						-0,0014	

Przy analizowaniu klasyfikacji termicznej Lorenc warto zwrócić uwagę przede wszystkim na duże wartości kurtozy (od 0,43 do 0,73), wskazujące na silną koncentrację większości rozpatrywanych przypadków w środkowej części histogramu. Z jednej strony umożliwia to wyróżnienie okresów, które silnie odbiegają od wartości klas normalnych, z drugiej natomiast potwierdza silną polaryzację uzyskanego rozkładu. Klasy: lekko chłodna, normalna i lekko ciepła stanowią łącznie ok. 2/3 wszystkich przypadków, natomiast wliczając przedziały klasy chłodnej i cieplej skumulowany odsetek wzrasta do ok. 85%. Taki rozkład gęstości funkcji powoduje, że na 6 spośród 11 klas przypada zaledwie ok. 15%, co należy uznać za wartość zbyt małą w stosunku do klas normalnych i przylegających, by w pełni obiektywnie ocenić charakter termiczny określonego miesiąca, pory roku czy też dłuższych jednostek czasu. Duży udział samej klasy normalnej, stanowiącej ok. 40% (tab. 4a, 4b) wszystkich klasyfikowanych przypadków, jest także konsekwencją jego podwojonej szerokości (tab. 1) w stosunku do pozostałych przedziałów. Procentowy udział klas ekstremalnych stanowiący łącznie ok. 1,5% oznacza, że statystycznie raz na nieco ponad 5 lat klasyfikacja diagnozuje wystąpienie miesiąca ekstremalnego termicznie (ciepłego lub zimnego). Pewnym rozwiązaniem takiego niekorzystnego stanu rzeczy mogłoby być ograniczenie liczby klas, np. do 5 lub 7, które zwiększyłyby częstość występowania przedziałów krańcowych, a także w pewnym stopniu uprościłoby subiektywną interpretację sklasyfikowanych wartości temperatury podczas wychwytywania długookresowych trendów i tendencji klimatu.

Niewątpliwie, mimo opisanych niedoskonałości, klasyfikacja termiczna zaproponowana przez Lorenc również cechuje się licznymi atutami, które sprawiły, że klasyfikacja ta zyskała sobie rzesze zwolenników. Jedną z silnych stron omawianej klasyfikacji jest wykorzystanie podstawowej miary statystycznej, tj. odchylenia standardowego, jako podstawowego kryterium klasyfikacyjnego, co z pewnością ułatwia zrozumienie i interpretację osobom niezwiązanym na co dzień z opracowaniami klimatologicznymi czy też w przypadku osób, które rzadziej sięgają po bardziej zaawansowane narzędzia statystyczne. Również warte podkreślenia są nowatorskie metody przedstawienia zmienności termicznej obszarów i okresów w postaci tzw. map ciepła z przyjętą i zaproponowaną przez autorkę skalą barwną, pozwalającą na szybką interpretację uzyskanych wyników.

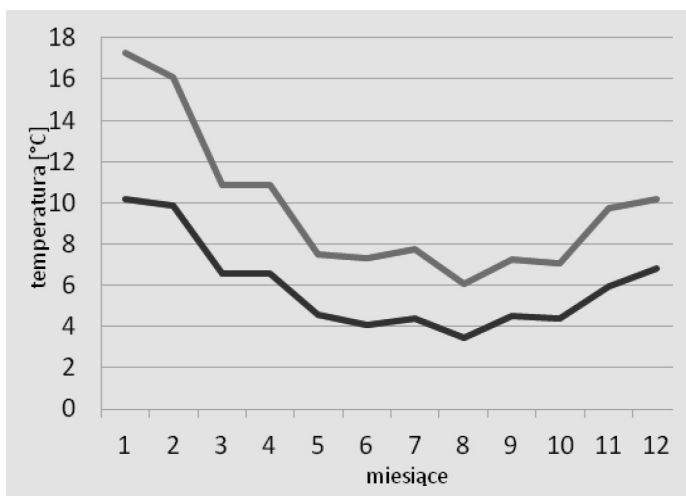
Porównanie klasyfikacji termicznej według Lorenc i kwantylowej klasyfikacji termicznej

Użycie obu wcześniej wymienionych metod klasyfikacyjnych do przedstawienia zmienności temperatury powietrza w ujęciu miesięcznym, sezonowym i rocznym na obszarze kilkunastu regionów Polski doprowadziło do powstania odpowiednio dużego materiału badawczego, pozwalającego na przeprowadzenie

analizy porównawczej między obiema najczęściej stosowanymi w Polsce klasyfikacjami termicznymi.

Jednym z ważniejszych czynników decydujących o wyborze stosowanej klasyfikacji jest łatwość przeprowadzenia niezbędnych obliczeń przy wyznaczaniu wartości granicznych, a w przypadku posługiwania się klasyfikacjami dla celów operacyjnych możliwość automatyzacji procedur. W obu metodach procedury te należy uznać za porównywalne i niesprawiające większych trudności ani też niewymagające dodatkowego przygotowania statystycznego.

Porównując progowe wartości temperatury klas skrajnych, tj. ekstremalnie ciepłej i ekstremalnie chłodnej w poszczególnych okresach, uzyskano przebieg zmienności amplitudy rozpiętości stosowanych skal w zależności od przyjętej metody. Największe różnice między klasyfikacjami występują w miesiącach zimowych, najmniejsze natomiast latem, z minimum w sierpniu (rys. 4). Jest to konsekwencją większej amplitudy temperatury w miesiącach zimowych spowodowanej uwarunkowaniami cyrkulacyjnymi, które w znaczący sposób zawyżają wielkości odchylenia standardowego, będącego podstawą wyznaczania klas w metodzie przyjętej przez Lorenc. Znajduje to swoje potwierdzenie w omawianej klasyfikacji dla obszaru Polski w latach 1951-2008, gdzie ani razu nie mieliśmy do czynienia ze styczniem ekstremalnie i anomalnie ciepłym (zał. 1). Tylko raz wystąpił styczeń określany jako bardzo ciepły, ekstremalnie zimny natomiast wystąpił dwukrotnie.



Rys. 4. Średnia rozpiętość stosowanych skal termicznej klasyfikacji kwantylowej (jasna linia) i klasyfikacji wg Lorenc (ciemna linia) w 5 regionach (tab. 6) w poszczególnych miesiącach dla okresu referencyjnego 1971-2000

Fig. 4. Mean span of used scales in thermal quantile classification (clear line) and classification by Lorenc (dark line) for 5 chosen regions (as seen in tab. 6) in particular months for 1971-2000 reference period

Największa rozpiętość skali w klasyfikacji Lorenc, mierzonej miarami bezwzględными, w miesiącach zimowych może wynieść nawet 19°C (tab. 6) i jest o blisko połowę większa niż w klasyfikacji kwantylowej (maksymalna 11,6°C). Podobne zależności między klasyfikacjami występują także w pozostałych miesiącach we wszystkich analizowanych regionach.

Tabela 6. Różnice wartości progowych klas ekstremalnie ciepłej i ekstremalnie chłodnej (mroźnej) w wybranych regionach dla okresu referencyjnego 1971-2000

Table 6. Differences in threshold values for extreme warm and extreme cold classes in chosen regions for reference period of 1971-2000

POLSKA	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	zima	wiosna	lato	jesień	rok
Kl. kwantylowa [°C]	9,8	10,0	6,4	6,4	4,4	4,0	4,2	3,4	4,4	4,2	5,6	6,4	6,6	3,7	2,5	2,5	2,6
Kl. wg Lorenc [°C]	16,7	16,2	10,6	10,6	7,3	7,1	7,5	5,8	7,1	6,9	9,5	9,9	10,5	5,6	4,4	4,1	4,2

POLSKA WSCHODNIA

Kl. kwantylowa [°C]	10,3	10,9	6,8	6,8	4,6	4,4	4,3	3,4	4,5	4,1	6,5	6,4	6,7	4,0	2,5	2,5	2,7
Kl. wg Lorenc [°C]	17,3	17,0	11,4	11,4	7,6	7,8	7,5	6,0	7,2	6,9	10,6	10,0	10,8	5,8	4,4	4,3	4,3

POLSKA ZACHODNIA

Kl. kwantylowa [°C]	9,6	7,3	6,1	6,1	4,7	3,8	4,1	3,5	4,5	4,4	5,1	6,7	6,1	3,6	2,7	2,5	2,5
Kl. wg Lorenc [°C]	16,3	12,3	10,0	10,0	7,3	6,8	7,7	5,8	7,1	7,0	8,6	9,9	9,4	5,5	4,5	4,1	4,0

CZĘŚĆ ZACHODNIA NIZIN ŚRODKOWOPOLSKICH

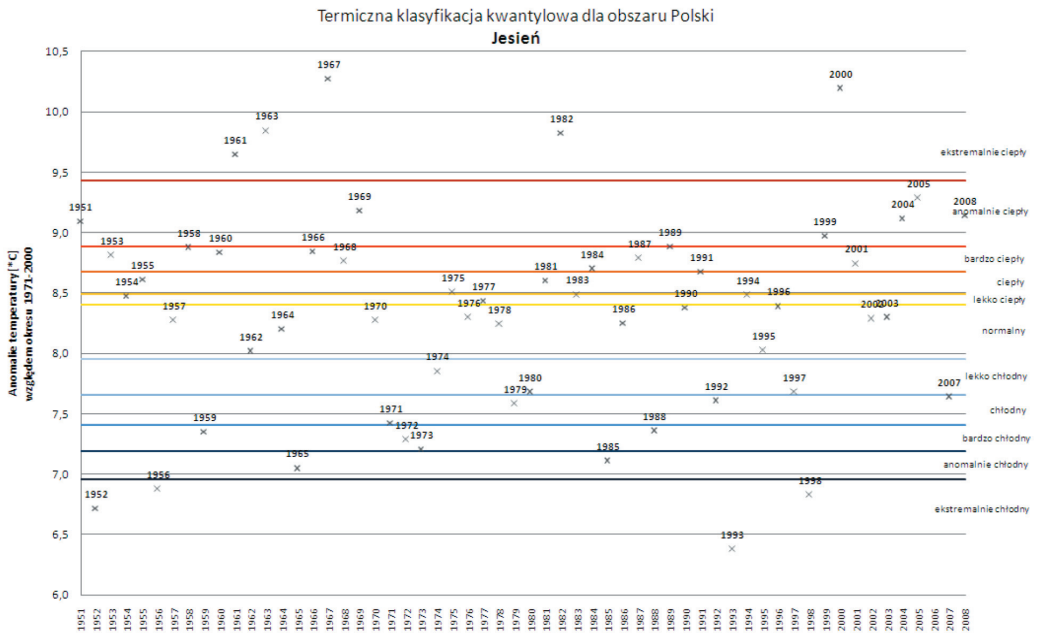
Kl. kwantylowa [°C]	10,2	9,7	6,6	6,6	4,7	4,1	4,6	3,5	4,8	4,6	5,3	6,8	6,5	3,5	2,7	2,6	2,5
Kl. wg Lorenc [°C]	17,0	16,2	10,7	10,7	7,3	7,2	8,1	6,4	7,6	7,4	9,0	10,2	10,4	5,5	4,7	4,3	4,2

CZĘŚĆ WSCHODNIA POJEZIERZY POŁUDNIOWOBAŁTYCKICH

Kl. kwantylowa [°C]	11,1	11,6	6,8	6,8	4,7	4,2	4,9	3,5	4,4	4,5	7,1	7,8	8,1	4,2	2,7	2,7	3,0
Kl. wg Lorenc [°C]	19,0	18,6	11,5	11,5	8,1	7,7	8,1	6,3	7,2	7,1	11,0	11,1	12,1	6,0	4,7	4,5	4,8

Ważnym aspektem porównania między klasyfikacjami jest także subiektywne ustalenie wzorcowej szerokości odpowiednich klas. Na przykład, w klasyfikacji kwantylowej na obszarze Polski w październiku rozpiętość klasy normalnej wynosi zaledwie 0,29°C, podczas gdy w tym samym miesiącu w klasyfikacji Lorenc wartość ta jest blisko pięciokrotnie większa (1,38°C) (zał.1). Prawdopodobnie w przypadku dużej liczby wystąpień temperatury zbliżonej do średniej w analizowanym okresie rozpiętość wartości granicznych klasy normalnej, odpowiadającej kwantylowi

0,4-0,6, jest stosunkowo niewielka, co może stanowić problem w przypadku użycia tej metody do dużo dłuższych okresów stosowania niż okres referencyjny lub do serii danych o niewielkim zróżnicowaniu występujących wartości temperatury. Powyższa prawidłowość nie dotyczy tylko klasy środkowej, ale może wystąpić także w innych przedziałach, co można zauważyć w przeprowadzonej analizie w odniesieniu do obszaru Polski, gdzie szerokość klasy anomalnie chłodnej (lato, rok), anomalnie ciepłej (wiosna) i lekko ciepłej (jesień) nie przekracza 0,1°C (rys. 5).



Rys. 5. Ocena termiczna jesieni na obszarze Polski wg klasyfikacji kwantylowej w latach 1951-2008 dla okresu referencyjnego 1971-2000

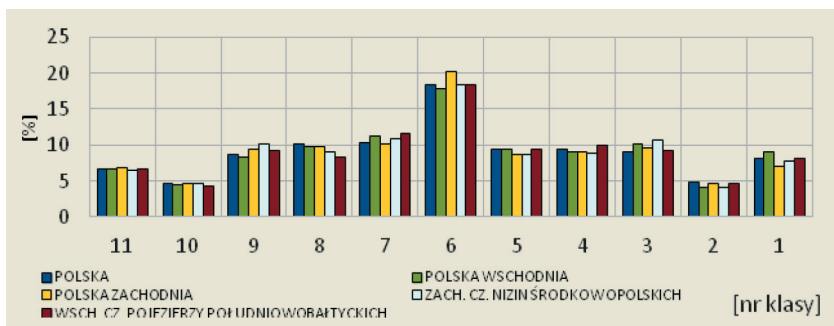
Fig. 5. Evaluation of autumn thermal character in Poland according to quantile thermal classification in years 1951-2008. Reference period 1971-2000

Podobne zależności można zaobserwować także w regionach. W skrajnych przypadkach szerokość klasy może osiągać zaledwie 0,02°C, tak jak jest w przypadku jesieni anomalnie chłodnej w zachodniej części Nizin Środkowopolskich (zał. 3). Zastosowany w klasyfikacji kwantylowej nierównomierny podział szerokości klas, wyrażony w wartościach bezwzględnych (rys. 5) sprawia, że wartości temperatury, które teoretycznie wydają się niezbyt odległe od siebie, mogą być zaklasyfikowane do różnych klas. W przytoczonym wcześniej przykładzie jesieni w części zachodniej Nizin Środkowopolskich wartości średniej obszarowej tem-

peratury powietrza równe $7,53^{\circ}\text{C}$ wskazują na sezon ekstremalnie chłodny, podczas gdy temperatura $7,57^{\circ}\text{C}$ jest już charakterystyczna dla sezonu bardzo chłodnego. Analogicznie zmiana temperatury z $8,93^{\circ}\text{C}$ do $9,13^{\circ}\text{C}$ czyni z jesieni normalnej pod względem termicznym sezon anomalnie ciepły. Podobne przypadki można znaleźć w większości analizowanych regionów w okresie jesiennym, który spośród wszystkich sezonów charakteryzuje się najmniejszą zmiennością termiczną w ujęciu rok do roku (Czernecki, Miętus, 2010).

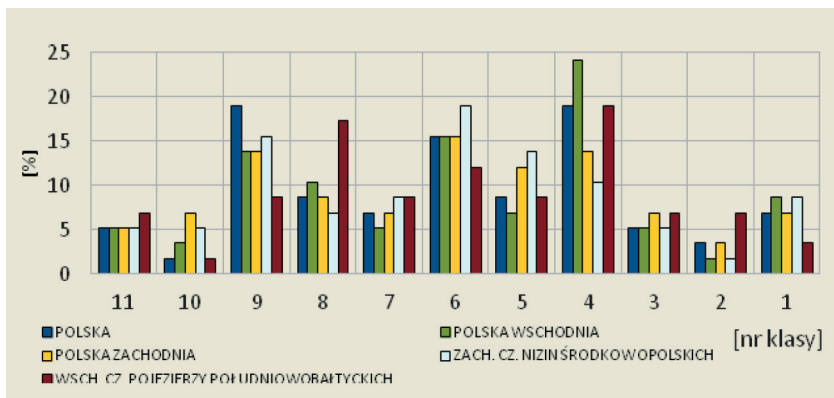
W klasyfikacji termicznej zaproponowanej przez Lorenc (tab. 3) w odniesieniu do wartości miesięcznych i sezonowych uzyskany rozkład nawiązuje swoim przebiegiem do rozkładu normalnego, co należy uznać za zaletę tej metody w kontekście łatwości interpretacji rezultatów. Zdecydowanie inaczej przedstawia się sytuacja w przypadku klasyfikacji kwantylowej. Przedstawiony na rys. 6a i 6b przebieg zmienności występowania poszczególnych klas wartości średnich miesięcznych temperatury powietrza cechuje się zdecydowanie mniejszym zróżnicowaniem niż w klasyfikacji Lorenc (od 0 do ok. 40%). Skumulowane wartości prawdopodobieństwa dla przedziału normalnego (klasa oznaczona nr 6) zdecydowanie dominują na wykresie ze względu na dwukrotnie zwiększoną szerokość klasy w stosunku do klas sąsiadujących. Następnie względnie płaski przebieg przyjmuje krzywa przebiegu rozkładu gęstości dla przedziałów 3, 4, 5 oraz 7, 8, 9. Nieco zaskakujący może być fakt najmniejszego udziału klas anomalnych, jednak może mieć to swoje uzasadnienie w przyjęciu 30-letniego okresu referencyjnego względem dużo dłuższego okresu analizy (1951-2008), co widać wyraźnie na przykładzie większego udziału klasy ekstremalnie cieplej (nr 1) nad ekstremalnie zimną (nr 11). Większy udział klas ekstremalnych jest spowodowany ograniczeniem górnego kwantyla (rzadziej dolnego), który przyjmuje wartości niższe niż obserwowane wartości temperatury podczas ostatniej dekady.

Porównując uzyskane rozkłady częstości występowania poszczególnych klas w obu klasyfikacjach, a także zakres wykorzystywanych wartości temperatury w skali (rys. 4), należy uznać, że klasyfikacja kwantylowa charakteryzuje się zdecydowanie większą „czułością” nawet na niewielkie zmiany wartości temperatury niż klasyfikacja termiczna Lorenc. Widać to bardzo wyraźnie zwłaszcza w przypadku wartości sezonowych i rocznych, gdzie zastosowany szeroki zakres skali wynikający z przyjętych założeń metodycznych nie sprawdza się (rys. 7b), czego dowodem są widoczne na wykresach puste lub prawie puste klasy skrajne (klasy 1, 2 oraz 10, 11). Aby mógł wystąpić rok ekstremalnie ciepły, temperatura średnia obszarowa w kraju musiałaby przekroczyć aż o $0,5^{\circ}\text{C}$ rekordowy pod tym względem rok 2000. W związku z tym wystąpienie roku ekstremalnie ciepłego w klasyfikacji Lorenc, nawet biorąc pod uwagę długą serię pomiarową, wydaje się bardzo mało prawdopodobne. Dodatkowo wydłużenie okresu referencyjnego lub jego przeniesienie na okres obejmujący lata 2001-



Rys. 6a. Częstość poszczególnych klas w termicznej klasyfikacji kwantylowej dla wartości miesięcznych w 5 regionach (por. tab. 6) w latach 1951-2008

Fig. 6a. Frequency of occurrence particular classes according to thermal quantile classification for mean monthly values in 5 regions (tab. 6) in years 1951-2008

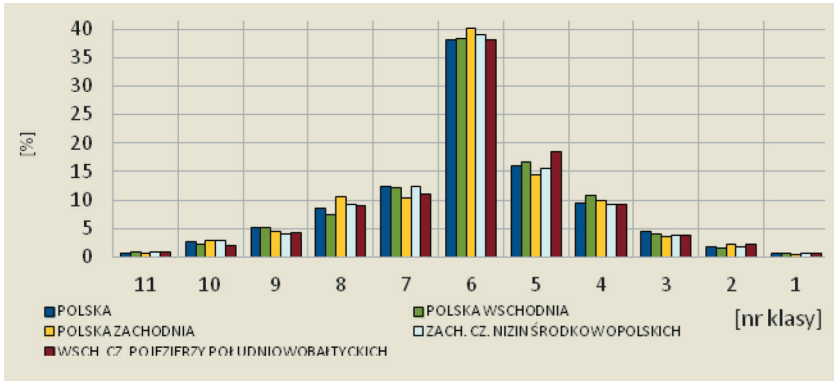


Rys. 6b. Częstość poszczególnych klas w termicznej klasyfikacji kwantylowej dla wartości rocznych w 5 regionach (por. tab. 6) w latach 1951-2008

Fig. 6b. Frequency of occurrence particular classes according to thermal quantile classification for annual values in 5 regions (tab. 6) in years 1951-2008

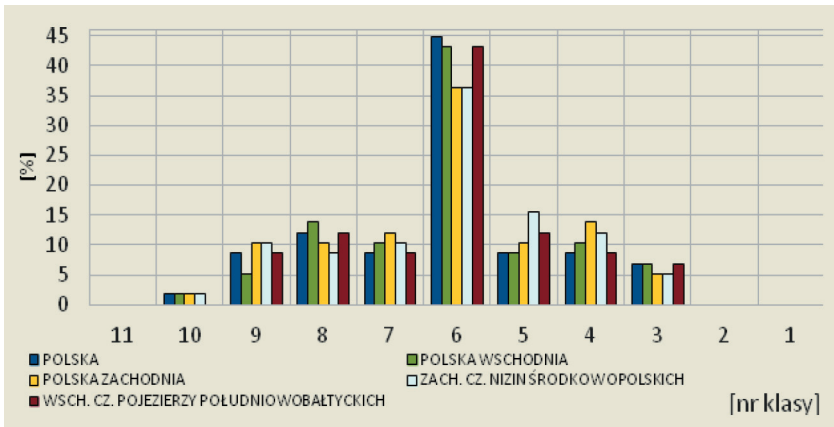
2008 powoduje jednocześnie zwiększenie wartości bazowej, a także odchylenia standardowego, wpływając na dalsze przesunięcie wartości granicznej klasy ekstremalnie ciepłej.

Do porównania zależności współwystępowania poszczególnych klas w obu klasyfikacjach użyto tzw. wykresów powierzchniowych, utworzonych na podstawie macierzy występowania poszczególnych klas według metody Lorenca i odpowiadającej im klasy według klasyfikacji kwantylowej (tab. 7a) i odwrotnie (tab. 7b). Kolorem szarym w obu tabelach zaznaczono miejsca idealnej zbieżności w klasyfikowaniu obiema metodami. Na podanych przykładach widoczny jest charakter



Rys. 7a. Częstość poszczególnych klas w termicznej klasyfikacji wg Lorenc wartości miesięcznych w 5 regionach (por. tab. 6) w latach 1951-2008

Fig. 7a. Frequency of occurrence particular classes according to thermal classification by Lorenc for mean monthly values in 5 regions (tab. 6) in years 1951-2008



Rys. 7b. Częstość występowania poszczególnych klas w klasyfikacji termicznej wg Lorenc dla wartości rocznych w 5 regionach (por. tab. 6) w latach 1951-2008

Fig. 7b. Frequency of occurrence particular classes according to thermal classification by Lorenc for annual values in 5 regions (tab. 6) in years 1951-2008

histerezy opisujący współzależność występowania między klasyfikacjami, przy przyjęciu klasyfikacji według Lorenc jako nadrzędnej, co jest spowodowane silną polaryzacją w tej klasyfikacji udziału procentowego klas skrajnych.

Tabela 7. Macierz zależności współwystępowania poszczególnych klas na przykładzie wartości średnich miesięcznych dla obszaru Polski

Table 7. Matrix of co-occurrence of particular classes in Poland for monthly mean values. Classification by Lorenc used as basis

a) Przyjęcie klasyfikacji termicznej Lorenc jako nadrzędnej

Odpowiadająca klasa wg klasyfikacji kwantylowej [%]	11	0	0	0	0	0	0	0	7	56	100	100
	10	0	0	0	0	0	0	0	28	42	0	0
	9	0	0	0	0	0	0	27	62	3	0	0
	8	0	0	0	0	0	5	65	3	0	0	0
	7	0	0	0	0	0	25	8	0	0	0	0
	6	0	0	0	0	0	48	0	0	0	0	0
	5	0	0	0	0	15	18	0	0	0	0	0
	4	0	0	0	38	49	4	0	0	0	0	0
	3	0	0	0	41	34	0	0	0	0	0	0
	2	0	0	16	21	2	0	0	0	0	0	0
	1	100	100	84	0	0	0	0	0	0	0	0
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
klasyfikacja termiczna Lorenc												

b) Przyjęcie kwantylowej klasyfikacji termicznej jako nadrzędnej

Odpowiadająca klasa wg klasyfikacji termicznej Lorenc [%]	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9
	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	40
	9	0	0	0	0	0	0	0	0	2	47	43
	8	0	0	0	0	0	0	0	3	61	53	9
	7	0	0	0	0	0	0	10	79	38	0	0
	6	0	0	0	17	74	100	90	18	0	0	0
	5	0	6	60	83	26	0	0	0	0	0	0
	4	25	79	40	0	0	0	0	0	0	0	0
	3	46	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	2	23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	1	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
klasyfikacja kwantylowa												

Odmienne wygląda macierz współzależności, jeśli przyjąć jako podstawę analizy klasyfikację kwantylową (tab. 7b). Wówczas rozkład jest silnie skoncentrowany w przedziałach odpowiadających klasie normalnej (brak rozproszenia) i klas sąsiadujących, tj. lekko chłodnej i lekko cieplej. Wraz z oddalaniem się od przedziałów 5, 6, 7 rośnie rozproszenie wartości współwystępowania, które osiąga w skrajnych przypadkach 4 klasy.

Gdy jako główna jest rozpatrywana klasyfikacja termiczna Lorenc, rozpiętość na analizowanym przykładzie obszaru Polski może wynieść maksymalnie nawet 5 klas w przypadku miesięcy normalnych (tab. 7a). Inaczej rzecz ujmując, oznacza to, że miesiące standardowe według Lorenc mogą być w klasyfikacji kwantylowej zarówno miesiącami zimnymi, jak i ciepłymi (różnica dwóch klas), przy zbliżonym prawdopodobieństwie odchyłeń dodatnich i ujemnych od normy.

Przedstawione zróżnicowania polaryzacji (w przypadku przyjęcia klasyfikacji Lorenc jako nadrzędnej) lub koncentracji w środkowej części wykresu (klasyfikacja kwantylowa jako nadrzędna) nie różnią się znacząco swoim przebiegiem od rezultatów współzależności występowania poszczególnych klas w innych regionach, co wskazuje na występowanie prawidłowości dotyczącej opisywanego przebiegu.

Tabela 8. Procentowy udział przypadków klasyfikowanych identycznie oraz przypadków największych różnic w głównych podprovincjach w latach 1951-2008 w świetle klasyfikacji kwantylowej i termicznej klasyfikacji wg Lorenc (%)

Table 8. Number of cases classified extremely different and identical in main subprovinces in years 1951-2008 according to thermal classification and thermal classification by Lorenc (%)

Region	Miesiące I-XII		Pory roku		Rok	
	Δ klas = ± 3	Δ klas = 0	Δ klas = ± 3	Δ klas = 0	Δ klas = ± 2	Δ klas = 0
Polska	2,44	20,69	3,88	21,98	41,38	18,97
Pobrzeża Południowobałtyckie	3,59	25,43	4,74	22,41	27,59	13,79
Pojezierza Południowobałtyckie	3,45	23,99	5,17	22,84	37,93	17,24
Niziny Środkowopolskie	2,44	22,56	4,31	24,14	31,03	20,69
Wyżyny Polskie	3,45	20,98	7,33	25,00	24,14	15,52
Podkarpacie Północne	1,87	21,55	4,31	23,28	31,03	18,97
Sudety z Przedgórzem Sudeckim	3,16	20,69	5,17	25,43	13,79	32,76
Karpaty	3,30	21,55	9,05	22,84	13,79	18,97

Dla celów analizy porównawczej wykorzystano także różnicę między sklasyfikowanymi wartościami, przyjmując jako macierz podstawową klasyfikację termiczną miesięcy, pór roku i lat według Lorenc, od której odejmowano analogiczne wartości uzyskane w klasyfikacji kwantylowej. Uzyskane w ten sposób nowe

macierze pozwoliły na ustalenie podstawowych zależności statystycznych między analizowanymi okresami. W każdym z regionów maksymalne odchylenia wynosiły ± 3 klasy w przypadku wartości miesięcznych i sezonowych, co oznacza, że niektóre z okresów klasyfikowanych według Lorenc np. jako normalne, w klasyfikacji kwantylowej były bardzo ciepłe bądź bardzo chłodne. W przypadku wartości rocznych temperatury powietrza zestawiono jako przypadki skrajne różnice dwóch klas. Informacje zawarte w tab. 8 pokazują, że średnio blisko 3% przypadków wartości średnich miesięcznych różni się w obu klasyfikacjach o 3 klasy. W przypadku wartości sezonowych odsetek ten wzrasta do 5,5%, a rocznych (różnica 2 klas) aż do 27,6%. Wartości przy braku różnic w klasyfikacjach wynoszą odpowiednio: 22,2% – miesiące, 23,5% – sezony oraz 19,6% – lata.

Zakres obliczonych wartości odchylenia standardowego w macierzy różnic między klasyfikacjami jest w większości przypadków bardzo zbliżony do siebie. Analizując zmienność sklasyfikowanych wartości temperatury powietrza w poszczególnych miesiącach, porach roku i w latach, stwierdzamy, że wartości tego współczynnika zawierały się w przedziale 1,1-1,5, co potwierdza występujące dysproporcje pomiędzy klasyfikacjami.

Podsumowanie

Przedstawione wady i zalety omówionych metod pokazują, że w przypadku ich stosowania warto poznać konsekwencje wynikające z przyjętej metody badawczej w celu poprawnego ocenienia warunków termicznych wybranego obszaru. Przeprowadzona analiza statystyczna pozwoliła na sformułowanie kilku istotnych uwag związanych ze stosowaniem obu klasyfikacji do uśrednionych wartości temperatury powietrza:

1. Ustalona szerokość poszczególnych przedziałów wyrażona w wartościach bezwzględnych w klasyfikacji termicznej według Lorenc jest większa niż odpowiadających im klas w klasyfikacji kwantylowej.

2. Konsekwencją stosowanego zakresu skali jest zdecydowanie większa „czułość” klasyfikacji kwantylowej niż klasyfikacji według Lorenc, dlatego też wybór stosowanej klasyfikacji może być silnie uzależniony od liczebności analizowanej serii pomiarowej, jak i przyjętego okresu referencyjnego.

3. Wykorzystanie wartości występujących w okresie referencyjnym dla klas skrajnych w klasyfikacji kwantylowej pozwala na wykorzystanie całego zakresu przyjętej skali zarówno w przypadku wartości miesięcznych, jak i sezonowych i rocznych; w klasyfikacji termicznej Lorenc klasy skrajne są marginalizowane tym bardziej, im dłuższy jest okres przyjętego podziału analizowanej serii danych (miesiąc, sezon, rok), co w praktyce prowadzi do braku występowania lub sporadycznego pojawiania się sezonów i lat o charakterze ekstremalnym i anomalnym.

Okolo 40% wszystkich miesięcy w klasyfikacji termicznej Lorenc jest przydzielane do klasy normalnej, a 5 środkowych spośród 11 przedziałów obejmuje ok. 85% wszystkich przypadków. Miesiąc ekstremalny termicznie (ciepły lub zimny) występuje statystycznie raz na nieco ponad 5 lat.

4. Przyjęcie metody opartej na przedziałach o stałej szerokości według zasady „trzech sigm” nie znajduje zastosowania do innych elementów meteorologicznych (Miętus i in., 2002), m.in. ze względu na możliwość przekroczenia wartości progowych występowania zjawiska, co prowadzi do braku uniwersalności tej klasyfikacji. W przypadku podjęcia w przyszłości prób unacześniania tej metody klasyfikującej, warto wziąć pod uwagę wykorzystanie wartości maksymalnych i minimalnych temperatury powietrza występujących w okresie referencyjnym, zamiast wartości granicznej $2,5\sigma$ w celu ograniczenia liczebności klas pustych, zwłaszcza w przypadku wartości sezonowych i rocznych.

5. W przypadku serii danych o zbliżonych wartościach istnieje możliwość przydzielenia przez klasyfikację kwantylową podobnych wartości do różnych przedziałów lub w serii o dużych wahaniami – do przydzielenia odległych od siebie wartości do tej samej klasy. Na przykład, szerokość klasy anomalnie chłodnej wynosi w kwietniu na obszarze Polski Zachodniej zaledwie $0,06^{\circ}\text{C}$; w klasyfikacji termicznej Lorenc szerokość analogicznego przedziału wynosi $0,68^{\circ}\text{C}$ (zał. 2).

6. Przeprowadzone eksperymenty statystyczne potwierdzają małą zmienność w przebiegu poszczególnych rozkładów, zarówno w kontekście doświadczeń ze zmianą obszarów, jak i zmianami okresów referencyjnych obu klasyfikacji w przypadku analizowanych serii danych. Niektóre z przedstawionych różnic klasyfikowania często są rezultatem stopnia oddziaływania kontynentalizmu/oceanizmu na dany region i związanych z tym obserwowanych amplitud temperatury, wpływając istotnie na wielkość wyznaczanej rozpiętości skali klasyfikacji kwantylowej, w klasyfikacji Lorenc natomiast odpowiadając za uzyskiwaną wielkość odchylenia standardowego.

7. Istotną kwestię stanowią także podnoszone wcześniej spory odnośnie do przyjętej przez Lorenc metody opartej na „milczącym założeniu, że średnie wartości temperatury powietrza (...) cechują się rozkładem normalnym” (Miętus i in., 2002), co nie jest zgodne ze stanem rzeczywistym (rys. 1), choć wartości odchylenia od zakładanego rozkładu w większości analizowanych przypadków są niewielkie.

8. Różnice w klasyfikowaniu między obiema metodami mogą wynosić ± 3 , (sporadycznie ± 4) klasy w przypadku wartości średnich miesięcznych i sezonowych, a wartości rocznych są to zwykle ± 2 klasy. Tak samo klasyfikowanych pod względem termicznym przez obie metody jest ok. 20-25% miesięcy i sezonów. W przypadku temperatury rocznej liczba takich przypadków waha się w zależności od regionu od 13,8% do 32,8% (tab. 7). Odchylenie standardowe różnic między klasyfikacjami bez względu na analizowaną rozdzielczość czasową danych wynosi ponad 1 klasę.

W konkluzji należy stwierdzić, że większe możliwości stosowania do analizowanej serii danych obszarowych daje klasyfikacja kwantylowa, która budzi przede wszystkim mniej wątpliwości metodycznych niż klasyfikacja termiczna Lorenc. Bez względu na wybór stosowanej metody należy zwrócić szczególną uwagę na konsekwencje związane z ich stosowaniem w zależności od zamierzonego celu i posiadanej serii pomiarowej. Wykorzystywanie klasyfikacji opartej na zasadzie „trzech sigm” nie wyklucza jej stosowania do długich serii czasowych, np. przekraczających kilkadziesiąt lat, gdzie mniejsza czułość klasyfikacji przy krótkim okresie referencyjnym może dać łatwiejsze w interpretacji rezultaty. Jednakże dla zastosowań monitoringu klimatu do okresów ok. 50-letnich bardziej miarodajnym rozwiązaniem wydaje się klasyfikowanie oparte na wartościach kwantyli.

Literatura

- Biernacik D., Filipiak J., Miętus M., Wójcik R., 2010, *Zmienność warunków termicznych w Polsce po roku 1951. Rezultaty projektu KLIMAT. Klimat Polski na tle klimatu Europy. Zmiany i ich konsekwencje*. Bogucki Wydawnictwo Naukowe, Poznań.
- Boczarow M. K., 1976, *Metody statystyki matematycznej w geografii*. PWN, Warszawa.
- IPCC, 2001, *Climate Change 2001: Synthesis Report, Contribution of Working Groups I, II, and III to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Cambridge University Press, Core Writing Team, red. Watson R.T., ss. 881.
- IPCC, 2007, *Climate Change 2007 – Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Core Writing Team, red. Pachauri R.K., Reisinger A., Geneva.
- Czernecki B, Miętus M., 2010, *Wstępna analiza występowania i zmienności termicznych pór roku w wybranych regionach Polski na przykładzie Pasa Północnego Południowobaltyckich i Wyżyn Polskich*. [w:] red. L. Kolendowicz *Klimat Polski na tle Klimatu Europy. Warunki termiczne i opadowe*. Bogucki Wydawnictwo Naukowe, Poznań, 9-26.
- Klein Tank A.M.G. i in., 2002, *Daily dataset of 20th-century surface air temperature and precipitation series for ECA*. Int. Jour. of Climatology 22, 12, 1441-1453.
- Kondracki J., 2002, *Geografia regionalna Polski*. PWN, Warszawa.
- Kostrzewski A., Domańska M., Szpikowski J., 2006, *Funkcjonowanie geosystemów zlewni rzecznych, 4. Procesy ekstremalne w środowisku geograficznym*. Kołobrzeg, ss. 171.
- Koźmiński Z., Michalska B., 2008, *Zmienność minimalnej dobowej temperatury powietrza w strefie polskiego wybrzeża Bałtyku*. Acta Agrophysica, 12, 3, 713-736.
- Kundzewicz Z., 2008, *Rekordowe dwanaście miesięcy*. Wiedza i Życie, 8.
- Lorenc H., Suwalska-Bogucka M., 1996, *Thermal tendencies of winters in Poland as the indicator of climate variability*. Zesz. Nauk. UJ., Prace Geogr., 102, 365-374.
- Lorenc H., 2000, *Termiczno-opadowa ocena klimatycznych sezonów roku w Polsce oraz tendencje czasowo-przestrzenne*. Projekt badawczy M-9, IMGW, Maszynopis.
- Miętus M., Owczarek M., Filipiak J., 2002, *Warunki termiczne na obszarze Wybrzeża i Pomorza w świetle wybranych klasyfikacji*. Materiały Badawcze IMGW, seria Meteorologia, 36, ss. 56.
- Miętus M., 2005, *Ekstremalne zjawiska klimatyczne z perspektywy IPCC*, [w:] red. Bogdanowicz E., Kossowska-Cezak U., Szkutnicki J. *Ekstremalne zjawiska hydrologiczne i meteorologiczne*, PTGF, IMGW, 19-31.

- Miętus M., Owczarek M., Filipiak J., Jakusik E., 2005, *Charakterystyka warunków termicznych powierzchniowej warstwy wody morskiej południowego Bałtyku na podstawie klasyfikacji kwantylowej*. Wiad. IMGW, 37 (49), 2, 33-51.
- Miętus M. (red.), 2006, *Klimat rynny Jezior Raduńskich*. IMGW, Warszawa, ss. 211.
- Miętus M. i in., 2010, *Biuletyn Monitoringu Klimatu Polski – Suplement*. (http://www.imgw.pl/images/stories/biuletyn_monitoringu/2010/18_monitoring_suplement_2010.pdf); dostęp online 11.07.2010.
- Przybylak R., Pospieszńska A., 2010, *Temperatura powietrza w Toruniu w okresie 1760–1764. Klimat Polski na tle klimatu Europy. Warunki termiczne i opadowe*. Bogucki Wydawnictwo Naukowe, Poznań 53-56.
- Stepanek P., Zahradnick P., Skalak P. 2008, *Extreme values analysis in daily air temperature and precipitation series in the area of the Czech Republic since 1961*. CECILIA FP6 EU, Czech Hydrometeorological Institute, Prague.
- Stępień A., 2009, *Możliwości uprawy i plonowania buraka cukrowego w warunkach Polski Północno-Wschodniej na tle zachodzących zmian klimatycznych*. Annales UMCS, 64 (4), sec. E, 108-113.
- Uścika-Kowalkowska J., Kejna M., 2009, *Zmienność warunków termiczno-opadowych w Koniczynie (Pojezierze Chełmińskie) w okresie 1994-2007*. Acta Agrophysica 14 (1), 203-219.
- Ustrnul Z., 2005, *Trendy ekstremalnych warunków meteorologicznych na przykładzie Polski Południowej*. Mat. Konf. Ekstremalne zdarzenia meteorologiczne i hydrologiczne w Polsce. Warszawa.
- Warakomski W., 1995, *Zmienność średniej miesięcznej temperatury powietrza w okresie wegetacyjnym na Lubelszczyźnie w latach 1951-1990*. [w:] *Gleby i klimat Lubelszczyzny*, red. Kołodziej J., Turski R., Lubelskie Towarzystwo Naukowe, 99-106.
- Warakomski W., 1992, *W poszukiwaniu koncepcji anomalii klimatycznych*. Annales UMCS 1989-1990, sec. B, 44/45, 211-224.
- Wyszkowski A., 2010, *Uniwersytecki Biuletyn Meteorologiczny* http://julia.univ.gda.pl/~geokmk/biuletyn/biuletyn_2011_05.pdf, dostęp online 15.07.2011, Katedra Meteorologii i Klimatologii IG UG.

Streszczenie

W pracy porównano dwie najczęściej stosowane w Polsce metody klasyfikacyjne w zakresie warunków termicznych, tj. klasyfikację termiczną według Lorenc, opartą na wartościach odchylenia standardowego, oraz kwantylową klasyfikację termiczną. Do celów wieloaspektowej analizy statystycznej wykorzystano uśrednione obszarowo wartości średniej temperatury powietrza z miesięcy, sezonów i lat z okresu 1951-2008.

Przedstawiono dysproporcje między rezultatami klasyfikacji, które wynikają z przyjętych w nich założeń metodycznych, wpływając m.in. na stosowany zakres skali oraz na ich „czułość”, w zależności od rozdzielczości czasowej danych i długości okresu referencyjnego. Sprawdzone pod kątem statystycznym słuszność przyjętych założeń, a także określono zależności występujące między obiema klasyfikacjami.

Słowa kluczowe: klasyfikacja warunków termicznych, Polska

Summary

This paper reviews two most commonly used methods of classifications of thermal conditions in Poland. Statistical analysis were performed for areally averaged values of air temperatures for months, seasons and years of the period 1951-2008 and for some geographical region of the country. Existing discrepancies between the results of the classifications, which were adopted in the methodological assumptions, were presented. Assumptions made for the statistical validation were confirmed. Differences as well as relationships existing between classifications were identified and were discussed.

Key words: classification of thermal conditions , Poland

Załącznik 1. Klasyfikacja termiczna miesięcy i pór roku w latach

Obszar: Polska

Klasyfikacja kwantylowa

percentyl	I		II		III		IV		V		VI		VII		VIII	
	od	do	od	Do	od	do	od	do	od	do	od	do	od	do	od	do
< 0,05		-7,14		-6,45		-1,12		5,53		10,19		14,04		15,57		15,47
0,05-0,10	-7,14	-5,82	-6,44	-4,63	-1,12	-0,19	5,53	5,73	10,19	10,83	14,04	14,62	15,57	15,74	15,47	15,95
0,10-0,20	-5,82	-4,53	-4,63	-3,13	-0,19	1,07	5,73	6,08	10,83	12,00	14,62	15,01	15,74	16,09	15,95	16,30
0,20-0,30	-4,53	-2,96	-3,13	-2,19	1,07	2,02	6,08	6,68	12,00	12,28	15,01	15,10	16,09	16,52	16,30	16,54
0,30-0,40	-2,96	-1,52	-2,19	-1,27	2,02	2,59	6,68	7,03	12,28	12,70	15,10	15,53	16,52	17,22	16,54	17,10
0,40-0,60	-1,52	-0,30	-1,27	0,31	2,59	3,69	7,03	7,50	12,70	13,28	15,53	16,09	17,22	17,83	17,10	17,57
0,60-0,70	-0,30	0,23	0,31	1,14	3,69	3,95	7,50	7,77	13,28	13,79	16,09	16,18	17,83	18,38	17,57	17,80
0,70-0,80	0,23	1,17	1,14	2,06	3,95	4,38	7,77	8,59	13,79	14,08	16,18	16,50	18,38	18,74	17,80	18,07
0,80-0,90	1,17	1,85	2,06	3,35	4,38	4,56	8,59	9,18	14,08	14,39	16,50	16,90	18,74	19,43	18,07	18,43
0,90-0,95	1,85	2,64	3,35	3,56	4,56	5,30	9,18	9,49	14,39	14,56	16,90	17,44	19,43	19,73	18,43	18,84
> 0,95	2,64		3,56		5,30		9,49		14,56		17,44		19,73		18,84	

Klasyfikacja termiczna wg Lorenc

odch.stan.	I		II		III		IV		V		VI		VII		VIII	
	Od	do	od	do	od	do	od	do	od	do	od	do	od	do	od	do
> 2,5 σ		-10,04		-8,90		-2,57		3,82		9,22		13,21		13,77		14,34
2,0-2,5	-10,03	-8,36	-8,90	-7,28	-2,57	-1,51	3,82	4,53	9,22	9,95	13,21	13,72	13,77	14,52	14,35	14,93
1,5-2,0	-8,36	-6,69	-7,28	-5,66	-1,51	-0,45	4,53	5,24	9,95	10,67	13,72	14,23	14,52	15,27	14,93	15,51
1,0-1,5	-6,69	-5,02	-5,66	-4,04	-0,45	0,61	5,24	5,95	10,67	11,40	14,23	14,75	15,27	16,02	15,51	16,10
0,5-1,0	-5,02	-3,35	-4,03	-2,42	0,61	1,67	5,95	6,66	11,40	12,12	14,75	15,26	16,02	16,77	16,10	16,68
(-0,5) - 0,5	-3,35	0,00	-2,41	0,83	1,67	3,80	6,66	8,09	12,12	13,57	15,26	16,29	16,78	18,28	16,68	17,85
(-1,0)-(-0,5)	0,00	1,67	0,83	2,45	3,80	4,86	8,09	8,80	13,57	14,30	16,29	16,80	18,28	19,03	17,85	18,43
(-1,5)-(-1,0)	1,67	3,34	2,46	4,07	4,86	5,92	8,80	9,51	14,30	15,02	16,80	17,31	19,03	19,78	18,43	19,02
(-2,0)-(-1,5)	3,34	5,01	4,08	5,69	5,92	6,98	9,51	10,22	15,02	15,75	17,31	17,83	19,78	20,53	19,02	19,60
(-2,5)-(-2,0)	5,02	6,68	5,70	7,32	6,98	8,04	10,22	10,93	15,75	16,47	17,83	18,34	20,53	21,28	19,60	20,18
> -2,5 σ	6,69		7,32		8,04		10,93		16,47		18,34		21,28		20,19	

Zanotowane ekstrema temperatury średniej miesięcznej, sezonowej i rocznej w okresie referencyjnym 1971-2000 (1) oraz w latach 1951-2008 (2)

	I		II		III		IV		V		VI		VII		VIII	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
temp. min.	-10,68	-10,68	-8,79	-11,36	-2,46	-2,48	4,98	4,32	9,29	9,29	13,96	13,96	14,73	14,73	15,11	15,05
temp. max.	3,15	3,65	4,92	4,92	6,50	6,50	11,50	11,50	15,61	16,17	18,23	18,67	20,96	21,99	20,59	20,59

1951-2008 (okres referencyjny 1971-2000)

IX		X		XI		XII		zima		wiosna		lato		jesień		rok	
od	do	od	do	od	do	od	do	od	do	od	do	od	do	od	do	od	do
	11,09		6,21		-0,27		-3,88		-4,68		5,50		15,70		6,95		6,55
11,09	11,24	6,21	6,48	-0,27	0,55	-3,88	-3,05	-4,68	-4,07	5,50	6,46	15,70	15,78	6,95	7,19	6,55	6,63
11,24	11,35	6,48	6,79	0,55	1,83	-3,05	-1,12	-4,07	-2,46	6,46	7,10	15,78	16,05	7,19	7,41	6,63	7,19
11,35	12,30	6,79	7,96	1,83	2,28	-1,12	-0,67	-2,46	-1,47	7,10	7,31	16,05	16,40	7,41	7,66	7,19	7,69
12,30	12,74	7,96	8,26	2,28	2,74	-0,67	-0,26	-1,47	-1,03	7,31	7,40	16,40	16,65	7,66	7,95	7,69	7,79
12,74	13,29	8,26	8,55	2,74	3,86	-0,26	0,81	-1,03	-0,30	7,40	7,92	16,65	16,98	7,95	8,40	7,79	8,17
13,29	13,43	8,55	8,84	3,86	4,31	0,81	1,12	-0,30	0,56	7,92	8,05	16,98	17,23	8,40	8,49	8,17	8,28
13,43	14,15	8,84	9,22	4,31	4,63	1,12	1,48	0,56	0,87	8,05	8,55	17,23	17,48	8,49	8,68	8,28	8,77
14,15	14,51	9,22	10,26	4,63	5,04	1,48	2,14	0,87	1,70	8,55	9,15	17,48	17,92	8,68	8,89	8,77	8,96
14,51	15,54	10,26	10,46	5,04	5,37	2,14	2,48	1,70	1,95	9,15	9,23	17,92	18,20	8,89	9,43	8,96	9,19
15,54		10,46		5,37		2,48		1,95		9,23		18,20		9,43		9,19	

IX		X		XI		XII		zima		wiosna		lato		jesień		rok	
od	do	od	do	od	do	od	do	od	do	od	do	od	do	od	do	od	do
	9,45		4,89		-1,66		-4,97		-6,09		4,88		14,66		6,06		5,85
9,45	10,16	4,89	5,58	-1,66	-0,71	-4,97	-3,99	-6,08	-5,04	4,88	5,43	14,66	15,10	6,07	6,48	5,85	6,27
10,16	10,86	5,58	6,27	-0,71	0,24	-3,98	-3,00	-5,04	-3,99	5,43	5,99	15,10	15,54	6,48	6,89	6,27	6,69
10,86	11,57	6,27	6,96	0,24	1,18	-3,00	-2,02	-3,99	-2,95	5,99	6,54	15,54	15,98	6,89	7,31	6,69	7,11
11,57	12,27	6,96	7,65	1,18	2,13	-2,01	-1,03	-2,94	-1,90	6,54	7,10	15,98	16,42	7,31	7,72	7,11	7,53
12,27	13,69	7,65	9,03	2,13	4,03	-1,03	0,94	-1,90	0,19	7,10	8,21	16,42	17,29	7,72	8,55	7,53	8,37
13,69	14,39	9,03	9,72	4,03	4,98	0,94	1,92	0,20	1,24	8,21	8,76	17,29	17,73	8,55	8,96	8,37	8,79
14,39	15,10	9,72	10,40	4,98	5,92	1,93	2,91	1,24	2,29	8,76	9,32	17,73	18,17	8,96	9,37	8,79	9,21
15,10	15,80	10,41	11,09	5,93	6,87	2,91	3,89	2,29	3,33	9,32	9,87	18,17	18,61	9,38	9,79	9,21	9,63
15,80	16,51	11,10	11,78	6,87	7,82	3,90	4,88	3,34	4,38	9,87	10,43	18,61	19,05	9,79	10,20	9,63	10,05
16,51		11,78		7,82		4,88		4,38		10,43		19,05		10,20		10,05	

IX		X		XI		XII		zima		wiosna		lato		jesień		rok	
1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
10,36	10,36	6,01	5,64	-1,27	-1,27	-4,88	-7,48	-5,60	-7,47	4,98	4,76	15,45	15,34	6,37	6,37	6,50	6,12
15,99	15,99	11,77	11,77	6,64	6,80	3,02	4,10	2,63	2,68	9,92	10,04	19,24	19,24	10,19	11,00	9,55	9,55

Załącznik 2. Klasyfikacja termiczna miesięcy i pór roku w latach

Obszar: Polska Zachodnia

Klasyfikacja kwantylowa

percentyl	I		II		III		IV		V		VI		VII		VIII	
	od	do	od	do	od	do	od	do	od	do	od	do	od	do	od	do
< 0,05		-6,40		-4,09		-0,45		5,57		9,89		14,10		15,72		15,79
0,05-0,10	-6,40	-4,92	-4,09	-3,12	-0,45	0,26	5,57	5,63	9,89	10,62	14,10	14,27	15,72	15,80	15,79	16,05
0,10-0,20	-4,92	-3,84	-3,12	-1,59	0,26	1,68	5,63	6,24	10,62	11,80	14,27	14,94	15,80	16,06	16,05	16,37
0,20-0,30	-3,84	-2,07	-1,59	-1,17	1,68	2,49	6,24	6,45	11,80	12,11	14,94	15,18	16,06	16,66	16,37	16,62
0,30-0,40	-2,07	-0,80	-1,17	-0,49	2,49	3,00	6,45	7,16	12,11	12,42	15,18	15,47	16,66	17,09	16,62	17,12
0,40-0,60	-0,80	0,47	-0,49	0,71	3,00	4,22	7,16	7,45	12,42	13,26	15,47	15,90	17,09	17,89	17,12	17,75
0,60-0,70	0,47	1,13	0,71	1,39	4,22	4,36	7,45	7,78	13,26	13,66	15,90	16,17	17,89	18,41	17,75	17,88
0,70-0,80	1,13	1,92	1,39	2,12	4,36	4,65	7,78	8,48	13,66	13,87	16,17	16,45	18,41	18,87	17,88	18,31
0,80-0,90	1,92	2,53	2,12	3,01	4,65	5,21	8,48	8,95	13,87	14,12	16,45	16,82	18,87	19,55	18,31	18,64
0,90-0,95	2,53	3,23	3,01	3,16	5,21	5,64	8,95	9,33	14,12	14,59	16,82	17,52	19,55	19,83	18,64	19,24
> 0,95	3,23		3,16		5,64		9,33		14,59		17,52		19,83		19,24	

Klasyfikacja termiczna wg Lorenc

odch.stan.	I		II		III		IV		V		VI		VII		VIII	
	od	do	od	do	od	do	od	do	od	do	od	do	od	do	od	do
> 2,5 σ		-9,03		-6,23		-1,79		3,95		9,04		13,12		13,76		14,51
2,0-2,5	-9,03	-7,40	-6,23	-5,01	-1,79	-0,79	3,95	4,63	9,05	9,77	13,12	13,64	13,77	14,53	14,51	15,09
1,5-2,0	-7,40	-5,77	-5,00	-3,78	-0,79	0,21	4,63	5,31	9,77	10,50	13,64	14,16	14,53	15,30	15,09	15,67
1,0-1,5	-5,77	-4,14	-3,78	-2,56	0,22	1,22	5,31	5,99	10,50	11,23	14,16	14,68	15,30	16,07	15,67	16,25
0,5-1,0	-4,14	-2,51	-2,55	-1,33	1,22	2,22	5,99	6,67	11,23	11,96	14,68	15,20	16,07	16,83	16,25	16,83
(-0,5) - 0,5	-2,51	0,75	-1,33	1,12	2,22	4,23	6,68	8,04	11,96	13,42	15,20	16,23	16,83	18,37	16,83	17,99
(-1,0)-(-0,5)	0,75	2,38	1,13	2,35	4,23	5,23	8,04	8,72	13,42	14,15	16,24	16,75	18,37	19,13	17,99	18,57
(-1,5)-(-1,0)	2,38	4,01	2,35	3,58	5,23	6,24	8,72	9,40	14,15	14,87	16,75	17,27	19,14	19,90	18,57	19,15
(-2,0)-(-1,5)	4,01	5,64	3,58	4,80	6,24	7,24	9,40	10,08	14,88	15,60	17,27	17,79	19,90	20,67	19,16	19,73
(-2,5)-(-2,0)	5,64	7,27	4,80	6,03	7,24	8,24	10,08	10,76	15,60	16,33	17,79	18,31	20,67	21,44	19,74	20,32
> -2,5 σ	7,27		6,03		8,25		10,76		16,33		18,31		21,44		20,32	

Zanotowane ekstrema temperatury średniej miesięcznej, sezonowej i rocznej w okresie referencyjnym 1971-2000 (1) oraz w latach 1951-2008 (2)

	I		II		III		IV		V		VI		VII		VIII	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
temp. min.	-9,14	-9,35	-6,40	-8,13	-1,58	-1,58	5,41	4,46	9,39	9,39	13,91	13,91	14,83	14,83	15,31	14,84
temp. max.	3,84	4,35	4,23	4,23	6,84	6,84	11,32	11,32	15,47	15,71	18,04	18,24	21,18	22,40	20,31	20,32

1951-2008 (okres referencyjny 1971-2000)

IX		X		XI		XII		zima		wiosna		lato		jesień		rok	
od	do	od	do	od	do	od	do	od	do	od	do	od	do	od	do	od	do
	11,29		6,52		0,49		-3,46		-3,64		5,71		15,72		7,41		6,87
11,29	11,44	6,52	6,92	0,49	1,29	-3,46	-2,07	-3,64	-3,04	5,71	6,39	15,72	15,82	7,41	7,57	6,87	7,10
11,44	11,76	6,92	7,34	1,29	2,44	-2,07	-0,55	-3,04	-1,52	6,39	7,22	15,82	16,07	7,57	7,89	7,10	7,58
11,76	12,66	7,34	8,19	2,44	2,96	-0,55	-0,05	-1,52	-0,45	7,22	7,37	16,07	16,51	7,89	8,05	7,58	7,90
12,66	12,93	8,19	8,42	2,96	3,23	-0,05	0,44	-0,45	-0,28	7,37	7,52	16,51	16,58	8,05	8,38	7,90	8,09
12,93	13,57	8,42	8,95	3,23	4,36	0,44	1,54	-0,28	0,27	7,52	7,83	16,58	16,99	8,38	8,72	8,09	8,45
13,57	13,72	8,95	9,29	4,36	4,79	1,54	1,62	0,27	1,09	7,83	8,35	16,99	17,11	8,72	8,84	8,45	8,63
13,72	14,12	9,29	9,60	4,79	5,06	1,62	2,31	1,09	1,42	8,35	8,83	17,11	17,66	8,84	8,91	8,63	9,09
14,12	14,90	9,60	10,62	5,06	5,48	2,31	2,84	1,42	2,18	8,83	9,04	17,66	17,91	8,91	9,34	9,09	9,27
14,90	15,80	10,62	10,93	5,48	5,63	2,84	3,27	2,18	2,48	9,04	9,31	17,91	18,41	9,34	9,94	9,27	9,40
15,80		10,93		5,63		3,27		2,48		9,31		18,41		9,94		9,40	

IX		X		XI		XII		zima		wiosna		lato		jesień		rok	
od	do	od	do	od	do	od	do	od	do	od	do	od	do	od	do	od	do
	9,71		5,19		-0,73		-4,31		-4,85		5,03		14,67		6,48		6,27
9,71	10,42	5,19	5,89	-0,73	0,13	-4,31	-3,32	-4,84	-3,90	5,03	5,58	14,67	15,11	6,48	6,88	6,27	6,67
10,42	11,12	5,89	6,59	0,13	1,00	-3,32	-2,33	-3,90	-2,96	5,58	6,12	15,12	15,56	6,88	7,29	6,67	7,07
11,12	11,83	6,59	7,29	1,00	1,86	-2,32	-1,34	-2,96	-2,02	6,12	6,67	15,56	16,01	7,29	7,70	7,07	7,47
11,83	12,54	7,29	7,99	1,86	2,73	-1,33	-0,35	-2,01	-1,07	6,67	7,21	16,01	16,46	7,70	8,10	7,47	7,87
12,54	13,95	7,99	9,40	2,73	4,46	-0,34	1,64	-1,07	0,82	7,21	8,30	16,46	17,36	8,10	8,92	7,87	8,67
13,95	14,65	9,40	10,10	4,46	5,32	1,64	2,63	0,82	1,76	8,30	8,85	17,36	17,81	8,92	9,32	8,67	9,06
14,65	15,36	10,10	10,80	5,32	6,18	2,63	3,62	1,76	2,70	8,85	9,39	17,81	18,25	9,32	9,73	9,07	9,46
15,36	16,07	10,80	11,50	6,18	7,05	3,62	4,61	2,71	3,65	9,39	9,94	18,25	18,70	9,73	10,14	9,46	9,86
16,07	16,77	11,50	12,20	7,05	7,91	4,61	5,60	3,65	4,59	9,94	10,48	18,70	19,15	10,14	10,54	9,86	10,26
16,77		12,20		7,92		5,60		4,59		10,48		19,15		10,54		10,26	

IX		X		XI		XII		zima		wiosna		lato		jesień		rok	
1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
10,66	10,66	6,14	5,91	-0,41	-0,41	-4,04	-6,91	-4,15	-6,21	5,34	4,94	15,67	15,25	6,69	6,69	6,86	6,59
16,53	16,53	11,99	11,99	6,65	7,13	3,66	4,77	2,79	3,40	10,06	10,18	19,30	19,30	10,47	11,56	9,76	9,76

Załącznik 3. Klasyfikacja termiczna miesięcy i pór roku w latach

Obszar: Zachodnia część Nizin Środkowopolskich

Klasyfikacja kwantylowa

percentyl	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
0,05	-6,75	-5,36	-0,24	6,16	10,69	14,65	15,96	15,82
0,10	-5,03	-3,91	0,58	6,25	11,55	14,96	16,06	16,37
0,20	-4,26	-1,79	2,09	6,81	12,69	15,38	16,44	16,88
0,30	-2,49	-1,06	2,96	7,32	12,84	15,78	17,16	17,14
0,40	-0,76	-0,71	3,44	7,99	13,25	15,99	17,71	17,68
0,60	0,32	1,23	4,61	8,27	13,94	16,38	18,29	18,30
0,70	0,99	1,82	4,93	8,44	14,34	16,67	18,78	18,46
0,80	1,73	2,83	5,44	9,06	14,61	17,03	19,35	18,69
0,90	2,75	4,00	6,27	9,80	15,18	17,63	20,10	19,03
0,95	3,43	4,30	6,40	10,31	15,34	18,24	20,51	19,33

Klasyfikacja termiczna wg Lorenc

$T_{sr} + k\sigma$ $k=$	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
-2,5	-9,51	-8,15	-1,61	4,50	9,82	13,53	13,98	14,68
-2,0	-7,81	-6,53	-0,54	5,22	10,55	14,07	14,79	15,32
-1,5	-6,12	-4,90	0,52	5,93	11,28	14,62	15,60	15,96
-1,0	-4,42	-3,28	1,59	6,65	12,02	15,17	16,41	16,59
-0,5	-2,73	-1,65	2,66	7,37	12,75	15,72	17,22	17,23
0,5	0,67	1,60	4,80	8,80	14,22	16,82	18,84	18,51
1,0	2,36	3,22	5,87	9,52	14,96	17,37	19,65	19,14
1,5	4,06	4,85	6,94	10,24	15,69	17,92	20,46	19,78
2,0	5,75	6,47	8,00	10,95	16,43	18,47	21,27	20,42
2,5	7,45	8,09	9,07	11,67	17,16	19,01	22,08	21,06

Zanotowane ekstrema temperatury średniej miesięcznej, sezonowej i rocznej w okresie referencyjnym 1971-2000 (1) oraz w latach 1951-2008 (2)

	I		II		III		IV		V		VI		VII		VIII	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
temp. min.	-9,76	-10,38	-8,75	-11,74	-1,19	-1,39	5,71	5,07	9,95	9,95	14,16	14,16	15,29	15,29	15,60	15,60
temp. max.	3,78	4,35	5,40	5,40	7,30	7,30	12,13	12,13	16,09	17,00	18,84	19,21	21,96	23,01	21,76	21,76

1951-2008 (okres referencyjny 1971-2000)

IX	X	XI	XII	zima	wiosna	lato	jesień	rok
11,54	6,49	0,53	-3,35	-3,91	6,43	16,13	7,54	7,18
11,67	7,06	0,90	-1,66	-3,31	7,01	16,30	7,56	7,28
12,14	7,21	2,30	-0,67	-2,04	7,81	16,53	8,00	7,89
12,99	8,37	2,70	-0,40	-0,68	7,99	16,88	8,10	8,20
13,19	8,64	3,29	0,02	-0,41	8,22	17,14	8,49	8,37
13,89	9,19	4,26	1,43	0,14	8,72	17,56	8,94	8,80
14,19	9,53	4,80	1,58	1,11	8,92	17,65	9,00	9,08
14,53	9,85	4,98	2,18	1,56	9,32	18,06	9,12	9,45
15,26	10,84	5,54	3,02	2,37	9,81	18,48	9,61	9,61
16,36	11,10	5,81	3,41	2,58	9,88	18,86	10,15	9,73

IX	X	XI	XII	zima	wiosna	lato	jesień	rok
9,81	5,15	-0,95	-4,56	-5,40	5,70	15,02	6,54	6,47
10,57	5,90	-0,05	-3,54	-4,36	6,25	15,49	6,97	6,89
11,32	6,64	0,85	-2,52	-3,32	6,80	15,97	7,39	7,32
12,08	7,38	1,75	-1,51	-2,28	7,34	16,44	7,82	7,74
12,83	8,12	2,65	-0,49	-1,24	7,89	16,91	8,24	8,16
14,35	9,61	4,46	1,55	0,85	8,98	17,86	9,10	9,00
15,10	10,35	5,36	2,56	1,89	9,53	18,34	9,52	9,42
15,86	11,09	6,26	3,58	2,93	10,07	18,81	9,95	9,84
16,62	11,83	7,16	4,60	3,97	10,62	19,29	10,38	10,27
17,37	12,57	8,06	5,62	5,01	11,17	19,76	10,80	10,69

IX		X		XI		XII		zima		wiosna		lato		jesień		rok	
1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
10,73	10,73	6,22	5,89	-0,41	-0,41	-4,56	-7,04	-4,87	-7,44	5,96	5,65	15,83	15,83	7,08	7,05	7,06	6,61
17,03	17,03	12,45	12,45	7,00	7,58	3,60	4,22	3,10	3,53	10,70	10,74	20,16	20,16	10,82	11,47	10,20	10,20