

## Biotermiczno-meteorologiczna klasyfikacja pogody jako narzędzie oceny warunków bioklimatycznych

Krzysztof Błażejczyk

Instytut Geografii Akademii Bydgoskiej,

k-blaz@ab-byd.edu.pl.

### 1. Wprowadzenie

Jednym ze sposobów opisu oraz oceny warunków klimatycznych i bioklimatycznych jest analiza całego zespołu elementów meteorologicznych, składających się na aktualne warunki pogodowe. Poza ogólnymi klasyfikacjami pogody (np. Woś 1999) istnieją także klasyfikacje rozpatrujące sytuacje meteorologiczne z punktu widzenia ich oddziaływania na organizm człowieka, np. klasyfikacje: Fedorova-Czubukova (Čubukov, Nevraev 1960; Nevraev, Čubukov 1964), Daniłowej (Danilova 1988) i Błażejczyka (1979, 1981).

C.R. de Freitas (2001) podkreśla, że ocena warunków pogodowych powinna obejmować trzy kategorie informacji dotyczących pogody, ważne dla człowieka przebywającego, odpoczywającego lub pracującego na otwartym powietrzu, a odnoszące się do oceny:

- warunków wizualnych (w oryginale *aesthetic* – estetycznych), na które składają się między innymi zachmurzenie, widzialność, długość dnia, usłonecznienie,
- fizycznego stanu atmosfery, uwzględniając między innymi opady, pokrywę śnieżną, wiatr, promieniowanie słoneczne (w tym nadfioletowe), zanieczyszczenie powietrza,
- warunków biotermicznych, przez które rozumie się łączny efekt warunków meteorologicznych oraz związanych z nimi reakcji fizjologicznych człowieka.

Żadna z dotychczas stworzonych klasyfikacji pogody nie uwzględnia tych podstawowych, podanych przez C.R. de Freitas, warunków, zwłaszcza w odniesieniu do określenia panujących warunków biotermicznych. Dlatego też postanowiono podjąć próbę opracowania takiej klasyfikacji pogody, która z jednej strony uwzględniałaby większość postulatów stawianych przez C. R. de Freitas'a, a ponadto byłaby dostosowana do współcześnie tworzonych i dostępnych cyfrowych baz danych o warunkach meteorologicznych. Założenia merytoryczne nowej, biotermiczno-meteorologicznej, klasyfikacji pogody powstały w 2001 r.

(Błażejczyk 2001). Po raz pierwszy klasyfikacja ta została wykorzystana w badaniach warunków bioklimatycznych Aglomeracji Warszawskiej (Błażejczyk 2002).

Celem obecnego opracowania jest przedstawienie podstaw metodycznych uaktualnionej wersji biotermiczno-meteorologicznej klasyfikacji pogody wraz z przykładami jej zastosowania do oceny bioklimatycznych warunków rekreacji i turystyki. Proponowana klasyfikacja pogody może być używana do szczegółowej charakterystyki zarówno aktualnych warunków pogodowych, jak również stosowana jako podstawowa informacja dotycząca potencjału rekreacyjnego dowolnego okresu (dzień, miesiąc, pora roku) lub/i obszaru.

## 2. Metoda

Dla scharakteryzowania warunków pogodowych z punktu widzenia ich oddziaływania na organizm człowieka i na możliwość długotrwałego przebywania na otwartym powietrzu wykorzystano cechy biotermiczne pogody oraz niektóre charakterystyki meteorologiczne.

Jednym z podstawowych elementów oceny warunków pogodowych są obciążenia cieplne i odczucia cieplne organizmu, powodowane przez aktualne warunki termiczne, wilgotnościowe, radiacyjne i wietrzne. W przypadku zajęć rekreacyjnych na świeżym powietrzu warunki te powinny przynosić człowiekowi odpoczynek, zadowolenie i satysfakcję oraz służyć regeneracji sił i profilaktyce zdrowia. Dla człowieka pracującego, lub po prostu poruszającego się w terenie otwartym, ważne jest zachowanie pełnej sprawności psychofizycznej. Jednym z podstawowych warunków jaki musi być spełniony, aby osiągnąć te cele, jest zachowanie równowagi cieplnej organizmu przy jak najmniejszym obciążeniu układu termoregulacyjnego.

Do uwzględnionych biotermicznych cech warunków pogodowych należą:

- odczucia cieplne człowieka, kształtujące się w wyniku oddziaływania warunków meteorologicznych i specyficznych reakcji dostosowawczych organizmu,
- intensywność bodźców radiacyjnych,
- rodzaj stresu termofizjologicznego,
- natężenie uczucia parności.

Na możliwość oraz uciążliwość pobytu w terenie otwartym wpływają także bezpośrednio niektóre elementy meteorologiczne. Spośród charakterystyk meteorologicznych w określeniu pogody uwzględniono:

- kontrastowość warunków termicznych w ciągu dnia,
- występowanie opadów atmosferycznych,

- występowanie pokrywy śnieżnej.

W klasyfikacji posłużono się cyfrowym zapisem analizowanych składników pogody. Kolejne cyfry zapisu określają kolejno: typ, podtyp i klasę pogody.

Cechy biotermiczne pogody są wyznaczone przy pomocy podstawowych charakterystyk bilansu cieplnego człowieka. Do obliczenia poszczególnych składników i charakterystyk bilansu cieplnego używa się modelu wymiany ciepła pomiędzy człowiekiem a otoczeniem, MENEX\_2002 (Błażejczyk 2003a). Ogólna postać bilansu cieplnego człowieka jest wyrażona przy pomocy poniższego równania:

$$M + Q + E + C + Res = S$$

gdzie:  $M$  oznacza metaboliczną produkcję ciepła,

$Q$  – bilans radiacyjny człowieka, na który składają się: pochłonięte promieniowanie słoneczne ( $R$ ) oraz saldo wymiany ciepła poprzez promieniowanie długofalowe ( $L$ ) -  $Q = R + L$ ,

$E$  – straty ciepła w wyniku parowania, czyli turbulencyjnego unoszenia ciepła utajonego (ewaporacja),

$C$  – wymiana ciepła przez unoszenie, czyli turbulencyjną wymianę ciepła jawnego (konwekcja),

$Res$  – straty ciepła w wyniku oddychania (respiracja).

Wszystkie strumienie ciepła są wyrażone w  $W m^{-2}$ .

Przy obliczaniu składników bilansu cieplnego człowieka model MENEX\_2002 przyjmuje się następujące założenia:

- człowiek porusza się z prędkością  $v' = 1,1 m s^{-1}$ ,

- metaboliczna produkcja ciepła wynosi  $135 W m^{-2}$ ,

- temperatura skóry ( $T_{sk}$ , °C) jest dostosowana do warunków termicznych otoczenia oraz izolacyjności termicznej odzieży:

$$T_{sk} = (26,4 + 0,02138 Mrt + 0,2095 t - 0,0185 RH - 0,009 v) + 0,6 (Icl - 1) + 0,00128 M$$

- izolacyjność termiczna odzieży ( $Icl$ , clo) jest funkcją temperatury powietrza:

$$Icl = 2,1455 - 0,0618 t$$

(dla  $t < -30^{\circ}C$   $Icl = 4,0 clo$ , a dla  $t > 25^{\circ}C$   $Icl = 0,6 clo$ ).

Sposób obliczania poszczególnych strumieni ciepła jest omówiony w pracy K. Błażejczyka (2003a) oraz w pliku Help programu BioKlima© 2.2, który służy zarówno do obliczania składników bilansu cieplnego, jak również wszystkich charakterystyk warunków pogodowych.

## 2.1. Typy pogody

Podstawową miarą warunków pogodowych są subiektywne odczucia cieplne człowieka, związane z przebywaniem w konkretnych warunkach otoczenia. Do oceny odczuć cieplnych zastosowano wskaźnik temperatury odczuwalnej (*STI*). Wartości tego wskaźnika są podstawą zaliczenia danych warunków pogodowych do jednego z poniższych typów:

Typ pogody	<i>STI</i> (°C)	Charakterystyka opisowa pogody:
-3	poniżej -38,0	- pogoda bardzo zimna
-2	od -38,0 aż do -0,5	- pogoda zimna
-1	od ponad -0,5 aż do 22,5	- pogoda chłodna
0	od ponad 22,5 aż do 32,0	- pogoda komfortowa
1	od ponad 32,0 aż do 46,0	- pogoda ciepła
2	od ponad 46,0 aż do 55,0	- pogoda gorąca
3	ponad 55,0	- pogoda bardzo gorąca.

Oznaczenie typu pogody znajduje się na pierwszej pozycji zapisu cyfrowego.

Wskaźnik *STI* określa warunki termiczne panujące w bezpośrednim otoczeniu receptorów ciepła i zimna znajdujących się w skórze człowieka. Warunki te kształtują się pod wpływem bodźców termicznych otoczenia oraz specyficznych, fizjologicznych reakcji dostosowawczych organizmu. Sygnały docierające z receptorów ciepła i zimna do centrum termoregulacji powodują powstanie subiektywnych odczuć cieplnych. Podstawą wskaźnika *STI* jest wartość tzw. średniej temperatury promieniowania (*Mrt*, °C), która odzwierciedla natężenie bodźców termicznych otoczenia. Składają się na nie zarówno temperatura powietrza, jak i ilość pochłoniętego promieniowania słonecznego:

$$Mrt = [R' / (5,39 \cdot 10^{-8}) + (273 + t)^4]^{0,25} - 273$$

gdzie  $R'$  (w  $W \cdot m^{-2}$ ) oznacza ilość promieniowania słonecznego pochłoniętego przez człowieka, bez uwzględnienia odzieży. Liczy się ją przy pomocy jednego z poniższych modeli: SolDir, SolGlob lub SolDir (Błażejczyk 1998, 2003b).

Organizm człowieka dąży do zminimalizowania salda wymiany ciepła (*S*) poprzez różnorodne reakcje termoregulacyjne. W otoczeniu zimnym organizm dostosowuje się do panujących warunków poprzez zmniejszenie skórno przepływu krwi i obniżenie temperatury powierzchni ciała, które to procesy mają na celu zmniejszenie strat ciepła. W wysokiej temperaturze otoczenia podstawowe znaczenie mają procesy wydzielania i parowania potu z powierzchni ciała. Jednym z efektów parowania potu jest obniżenie temperatury skóry, dzięki czemu możliwe jest intensywne odprowadzanie nadmiaru ciepła z wnętrza ciała do otoczenia, a jednocześnie zmieniona temperatura skóry stwarza nowe

warunki wymiany ciepła z otoczeniem, nie tylko poprzez parowanie, ale także przez unoszenie i wypromieniowanie długofalowe. Zmiany te prowadzą do ustalenia się nowego, zoptymalizowanego poziomu wymiany ciepła pomiędzy człowiekiem a otoczeniem ( $S^*$ ).

Wartość  $STI$  (w  $^{\circ}C$ ) jest kombinacją wartości  $Mrt$  oraz ustalonej w efekcie dynamicznych procesów adaptacji organizmu do warunków otoczenia tzw. wynikowej wartości salda wymiany ciepła ( $S^*$ ):

- w przypadku, gdy  $S^* < 0 \text{ W m}^{-2}$

$$STI = Mrt - [ |S^*|^{0,75} / (5,386 \cdot 10^{-8}) + 273^4 ]^{0,25} - 273$$

- w przypadku, gdy  $S^* \geq 0 \text{ W m}^{-2}$

$$STI = Mrt + [ |S^*|^{0,75} / (5,386 \cdot 10^{-8}) + 273^4 ]^{0,25} - 273$$

gdzie współczynnik  $5,386 \cdot 10^{-8}$  ma miano  $\text{W m}^{-2} \text{ K}^{-4}$ .

## 2.2. Podtypy pogody

W każdym z typów pogody wydziela się szereg jej podtypów, na podstawie następujących cech warunków biotermicznych: intensywności bodźców radiacyjnych, rodzaju procesów adaptacyjnych organizmu do warunków otoczenia (stres termofizjologiczny) oraz intensywności uczucia parności. Każdej z tych charakterystyk pogody przypisano odpowiednio: drugi, trzeci i czwarty znak zapisu cyfrowego.

Bardzo ważnym elementem pogody jest promieniowanie słoneczne (Błażejczyk 1997, 1998; Błażejczyk i in. 1993; Brown, Gillespie 1986; Kozłowska-Szczęsna, Błażejczyk 1998; Nielsen i in. 1988). Do oceny intensywności bodźców radiacyjnych zastosowano wartość promieniowania pochłoniętego przez człowieka ( $R'$ ). Przyjęto następujące przedziały  $R'$ :

<u>Drugi znak zapisu:</u>	<u><math>R'</math> (<math>\text{W m}^{-2}</math>)</u>	<u>Bodźce radiacyjne:</u>
1	poniżej 75	– słabe
2	od 75 do 150	– umiarkowane
3	ponad 150	– silne.

Jak już wspomniano wartość  $R'$  liczy się przy pomocy programu BioKlima© 2.2 przy pomocy jednego z modeli: SolDir, SolGlob lub SolDir.

Trzeci znak zapisu informuje o rodzaju stresu termofizjologicznego, związanego z przebywaniem w terenie otwartym. Dokonuje się tego na podstawie wartości wskaźnika  $PhS$  w sposób następujący:

<u>Trzeci znak zapisu</u>	<u><i>PhS</i></u>	<u>Rodzaj stresu termofizjologicznego:</u>
H	< 0,75	- stres gorąca
T	od 0,75 do 1,5	- warunki termoneutralne
C	ponad 1,5	- stres zimna

Wartości *PhS* wskazują, jakie reakcje termoregulacyjne organizmu - mające służyć zachowaniu równowagi cieplnej - są aktywizowane w danych warunkach otoczenia i jakie jest natężenie tych reakcji. Wtedy, gdy przeważają konwekcyjne straty ciepła występuje fizjologiczny stres zimna, który przejawia się następującymi reakcjami organizmu: obniżeniem się temperatury skóry, osłabieniem przepływu krwi w obrębie mięśni i skóry, zwiększeniem ciśnienia krwi, zwiększeniem właściwości termoizolacyjnych skóry, a w warunkach silnego stresu zimna - drżeniem mięśniowym (Blanc 1975, Clark, Edholm 1985, Holmér 1988, ISO/DC 11079). Im większa jest przewaga strumienia *C* nad strumieniem *E* tym większe jest nasilenie procesów adaptacyjnych do zimnych warunków otoczenia.

Stres gorąca ma miejsce wtedy, gdy w wymianie ciepła z otoczeniem dominuje ewaporacja. Stan taki prowadzi do: zwiększenia przepływu krwi w obrębie skóry, zmniejszenia ciśnienia krwi (Kenney 1985, Clark, Edholm 1985, Mitchell 1977), zwiększenia częstości tętna (Błażejczyk i in. 2000), intensywnego pocenia się, którego skutkiem może być odwodnienie organizmu (Beaumont, Bullard 1965). Stres gorąca przejawia się także okresowymi zmianami temperatury skóry, od bardzo wysokiej podczas nagrzewania się suchej skóry do niskiej podczas fazy pocenia się (Błażejczyk 1993, 1998, Malchaire 1991). Nasilenie procesów adaptacyjnych do warunków gorąca jest tym większe im niższa jest wartość wskaźnika *PhS*, a więc im większa jest przewaga strumienia *E* nad strumieniem *C*. Największe nasilenie stresu gorąca występuje wtedy, gdy obserwuje się dopływ ciepła do organizmu w wyniku wymiany turbulencyjnej ciepła jawnego (przy dodatnim strumieniu *C*). *PhS* przyjmuje wtedy wartość ujemną.

Przy wartościach *PhS* zbliżonych do jedności intensywność reakcji termoregulacyjnych jest niewielka, a warunki takie można określić jako termoneutralne.

Czwarty znak zapisu cyfrowego oznacza natężenie uczucia parności, związanego z aktualnymi warunkami termiczno-wilgotnościowymi. Posłużono się w tym celu wartościami wskaźnika stresu cieplnego (*HSI*):

<u>Czwarty znak zapisu</u>	<u>HSI (%)</u>	<u>Intensywność parności:</u>
0	do 30	- brak
1	od ponad 30 aż do 70	- umiarkowana
2	ponad 70	- duża.

Wskaźnik *HSI* (Belding i Hatch 1955) ilustruje natężenie uciążliwości warunków termiczno-wilgotnościowych, odczuwanych jako uczucie parności. *HSI* jest stosunkiem - wyrażonym w procentach - ewaporacyjnych strat ciepła niezbędnych do zachowania równowagi cieplnej organizmu (*Ereq*) do ewaporacyjnych strat ciepła, maksymalnych w danych warunkach meteorologicznych (*E<sub>max</sub>*):

$$HSI = Ereq / Emax \cdot 100$$

*Ereq* wyznacza się z równania bilansu cieplnego jako jego składnik równoważący wymianę ciepła pomiędzy człowiekiem a otoczeniem. *Ereq* reprezentuje poziom parowania z powierzchni skóry, który zapewnia równowagę cieplną organizmu:

$$Ereq = M + Q + C + Res$$

Ewaporacja maksymalna (*E<sub>max</sub>*), jaka może wystąpić w danych warunkach meteorologicznych, jest natomiast liczona z wzoru:

$$Emax = k v^{0,6} (vp - 56)$$

gdzie *k* jest współczynnikiem bezwymiarowym wynoszącym 7,0 dla człowieka ubranego i 11,7 - dla nieubranego. Za górną granicę ewaporacyjnych strat ciepła przyjmuje się 390 W m<sup>-2</sup>, co odpowiada wydzielaniu potu w ilości 1000 gramów (1 litra) na godzinę.

Wzrost wartości *HSI* wskazuje na narastanie uczucia parności. Wartości *HSI* niższe od 30% nie powodują uczucia parności. Przy *HSI* od 30 do 70% uczucie parności jest dokuczliwe dla osób starszych i dzieci oraz dla osób niezaaklimatyzowanych. Przy wartościach *HSI* większych od 70% uczucie parności jest uciążliwe dla wszystkich osób, a w przypadku osób starszych, chorych i dzieci może powodować przegrzanie organizmu. Wskaźnik *HSI* był stosowany do oceny warunków bioklimatycznych miejscowości uzdrowiskowych i wczasowych przez B. Krawczyk (2001).

Ostatecznie więc, w każdym typie pogody może potencjalnie wystąpić 18 jej podtypów (tab. 1). W praktyce jednak, pewne kombinacje elementów pogody wykluczają się (np. silne odczucie parności nie współwystępuje z fizjologicznym stresem zimna) lub też w pewnych typach pogody nie mogą pojawić się określone jej podtypy (np. w typie pogody zimnej i bardzo zimnej nie występują podtypy związane z fizjologicznym stresem gorąca i odczuciem parności).

Tabela 1. Podtypy pogody wyróżniane w obrębie każdego z siedmiu typów pogody i ich zapis cyfrowy

Bodźce radiacyjne	Termofizjologiczny stres zimna			Warunki termoneutralne			Termofizjologiczny stres gorąca		
	Intensywność parności			Intensywność parności			Intensywność parności		
	brak	umiarkowana	duża	brak	umiarkowana	duża	brak	umiarkowana	duża
słabe	1C0	1C1	1C2	1T0	1T1	1T2	1H0	1H1	1H2
umiarkowane	2C0	2C1	2C2	2T0	2T1	2T2	2H0	2H1	2H2
silne	3C0	3C1	3C2	3T0	3T1	3T2	3H0	3H1	3H2

### 2.3. Klasy pogody

Kolejnym poziomem klasyfikacji pogody są jej klasy. Poza wymienionymi wyżej charakterystykami biotermicznymi na możliwość pobytu w terenie otwartym wpływają bowiem bezpośrednio także niektóre elementy meteorologiczne.

Dla tych form aktywności człowieka, które wiążą się z całodobowym lub długotrwałym przebywaniem w terenie otwartym, ważna jest informacja o kontrastach termicznych w ciągu dnia, określonych poprzez dobową amplitudę temperatury ( $dt$ ):

Piąty znak zapisu      $dt$  (°C)     Dobowe kontrasty termiczne:

0	8 i mniej	- małe
1	ponad 8	- duże.

Ważnym elementem meteorologicznym, bardzo silnie oddziałującym na możliwość i przebieg rekreacji oraz na warunki pracy i przebywania w terenie otwartym, są opady atmosferyczne. Istotny jest nie tylko sam fakt wystąpienia opadu, ale przede wszystkim czas jego trwania, zwłaszcza w ciągu dnia. Niestety, tylko pierwsza z tych charakterystyk jest powszechnie dostępna w meteorologicznych, cyfrowych bazach danych. Stąd też do oceny tego elementu pogody zastosowano dobową sumę opadu ( $RR$ ). Przyjęto, że dopiero opad o sumie dobowej wynoszącej co najmniej 1 mm ma istotne znaczenie dla efektywności rekreacji w terenie otwartym:

Szósty znak zapisu      $RR$  (mm)     Dzień:

0	poniżej 1	- bez opadu
1	1 i więcej	- z opadem.

Elementem pogody, który można ocenić na podstawie standardowych, meteorologicznych baz danych, a który jest bardzo ważny dla rekreacji i turystyki narciarskiej,



jest pokrywa śnieżna (SC). Przyjęto za T. Łobożewiczem (1979), że warunki przydatne dla uprawiania narciarstwa występują dopiero wtedy, gdy grubość pokrywy śnieżnej wynosi co najmniej 10 cm:

Siódmy znak zapisu	SC (cm)	Dzień:
0	poniżej 10	- bez śniegu
1	10 i więcej	- ze śniegiem.

Tak więc, w każdym z podtypów pogody można wyróżnić osiem jej klas, związanych z występowaniem wymienionych wyżej cech warunków meteorologicznych (tab. 2).

Tabela. 2. Klasy pogody występujące w każdym z podtypów pogody

Dobowe kontrasty termiczne	Dzień bez opadu		Dzień z opadem	
	Dzień bez pokrywy śnieżnej	Dzień z pokrywą śnieżną	Dzień bez pokrywy śnieżnej	Dzień z pokrywą śnieżną
małe	000	001	010	011
duże	100	101	110	111

Ostatecznie więc pełny cyfrowy zapis warunków pogodowych składa się z siedmiu znaków, a pełne rozwinięcie charakterystyki pogody wymaga „rozszyfrowania” znaczenia poszczególnych znaków zapisu. Na przykład:

- zapis -2\_2C0\_011 oznacza pogodę zimną, z umiarkowanymi bodźcami radiacyjnymi, charakteryzującą się występowaniem termofizjologicznego stresu zimna oraz brakiem uczucia parności, z małymi dobowymi kontrastami termicznymi, wystąpieniem opadu oraz pokrywy śnieżnej o grubości >10 cm,
- zapis 2\_3H1\_100 oznacza pogodę gorącą, z silnymi bodźcami radiacyjnymi, charakteryzującą się termofizjologicznym stresem gorąca i umiarkowanym uczuciem parności, z dużymi dobowymi kontrastami termicznymi, bez opadu i pokrywy śnieżnej.

Określenia biotermicznych charakterystyk pogody (typy i podtypy pogody) można dokonać w sposób pełny, dysponując danymi meteorologicznymi odnoszącymi się do temperatury i wilgotności powietrza oraz prędkości wiatru i zachmurzenia. Pożądane jest także posiadanie informacji o natężeniu promieniowania słonecznego. W przypadku, gdy dane meteorologiczne nie pozwalają na określenie klasy pogody, należy odpowiedni symbol cyfrowy zastąpić znakiem x. Wszystkie obliczenia związane z określeniem typu, podtypu i klasy pogody można przeprowadzić za pomocą programu BioKlima© 2.2.

#### 2.4. Ocena przydatności pogody dla człowieka w terenie otwartym

W praktycznych zastosowaniach ważne jest nie tylko z jakim typem, podtypem i klasą pogody osoba wypoczywająca może się zetknąć. Istotne są także wskazówki, czy i w jakim stopniu dane warunki pogodowe są przydatne do przebywania w terenie otwartym. Większość osób kieruje się w tym względzie przyzwyczajeniami lub po prostu intuicją. Niestety, obydwa te sposoby często zawodzą. O ile stosunkowo łatwo jest ocenić warunki pogodowe na podstawie prostych informacji o zjawiskach meteorologicznych (opad, pokrywa śnieżna), o tyle ocena warunków biotermicznych winna się opierać na fizjologicznych podstawach. Zbyt często bowiem dochodzi do powstania zakłóceń w pracy układu termoregulacyjnego, które w skrajnych przypadkach mogą się kończyć - i niestety niekiedy się kończą - niebezpiecznymi dla zdrowia stanami przechłodzenia lub przegrzania organizmu, a nawet wychłodzeniem lub udarami ciepłymi i słonecznymi.

Poniżej zostanie przedstawiony sposób oceny poszczególnych sytuacji pogodowych, które najczęściej występują w Polsce, z punktu widzenia głównych form aktywności człowieka:

- kąpiele słonecznych (SB),
- kąpiele powietrznych (AB),
- spacerów i spokojnych zajęć terenowych (MR),
- gier terenowych i intensywnych marszów, turystyki pieszej i rowerowej oraz pracy w terenie otwartym (AR),
- turystyki i rekreacji narciarskiej (ST).

Do oceny warunków pogodowych w kolejnych dniach stosuje się trzystopniowy wskaźnik oceny pogody (*WEI*):

- pogoda przydatna bez ograniczeń (*WEI* = 3),
- pogoda przydatna z ograniczeniami (*WEI* = 1),
- pogoda nieprzydatna (*WEI* = 0).

Waloryzując poszczególne sytuacje pogodowe kierowano się wieloletnim doświadczeniem w tym zakresie oraz wynikami licznych badań termofizjologicznych, wskazujących na różnorakie reakcje organizmu zarówno na bodźce meteorologiczne, jak i na stopień aktywności fizycznej człowieka. Propozycję oceny różnych sytuacji pogodowych z uwagi na ich przydatność dla człowieka przebywającego w terenie otwartym zamieszczono w załączniku 1. Zamieszczono tam tylko te sytuacje pogodowe, które mogą wystąpić na obszarze Polski. W przypadku innych, niż podane w załączniku 1, rodzajów wypoczynku należy dokonać interpretacji warunków pogodowych z konkretnego punktu widzenia.

Oceny stopnia przydatności pogody należy dokonać oddzielnie dla każdej z wyróżnionych form aktywności człowieka dla aktualnych warunków meteorologicznych. W badaniach bioklimatycznych, opartych na długich ciągach danych, wskaźniki oceny pogody wyznacza się dla każdego dnia badanego okresu.

Kolejnym etapem oceny jest określenie średnich wartości wskaźników oceny ( $WEI_{avg}$ ) dla różnych przekrojów czasowych wielolecia (dekada, miesiąc, pora roku, rok). Można także obliczyć średnią wieloletnią wartość  $WEI_{avg}$  dla każdego dnia roku. Pozwala to na opracowanie tzw. kalendarza przydatności warunków pogodowych. Im bardziej wartość wskaźnika  $WEI_{avg}$  jest zbliżona do 3, tym częściej w badanym okresie pojawiały się jednostkowe wskaźniki oceny  $WEI$  o wartościach 3, a im bardziej  $WEI_{avg}$  jest bliska 0, tym częściej pojawiały się jednostkowe wskaźniki oceny  $WEI$  o wartościach 0. Na podstawie średnich wartości wskaźników oceny przyjęto następującą klasyfikację przydatności poszczególnych okresów:

$WEI_{avg}$	Przydatność pogody w badanym okresie do poszczególnych form aktywności człowieka (SB, AB, MR, AR, ST):
poniżej 0,5	- pogoda niekorzystna,
od 0,5 do mniej niż 1,2	- pogoda umiarkowanie korzystna,
od 1,2 do mniej niż 2,0	- pogoda korzystna,
od 2,0	- pogoda bardzo korzystna.

W badaniach porównawczych różnych obszarów lub okresów celowe jest określenie ogólnej przydatności warunków bioklimatycznych do rekreacji i turystyki. Posługujemy się w tym celu tzw. sumarycznym wskaźnikiem oceny ( $WEI_{tot}$ ). Wskaźnik ten wyznacza się poprzez sumowanie wartości  $WEI_{avg}$  obliczonych dla poszczególnych form aktywności, (SB, AB, MR, AR i ST):

$$WEI_{tot} = WEI_{avg(SB)} + WEI_{avg(AB)} + WEI_{avg(MR)} + WEI_{avg(AR)} + WEI_{avg(ST)}$$

Do ogólnej oceny przydatności warunków bioklimatycznych zastosowano następującą skalę:

$WEI_{tot}$	Ogólna ocena warunków pogodowych:
poniżej 3,5	- warunki niekorzystne
od 3,5 do mniej niż 5,0	- warunki umiarkowanie korzystne
od 5,0 do mniej niż 6,5	- warunki korzystne

od 6,5 do mniej niż 8,0      - warunki bardzo korzystne  
od 8,0                              - warunki wybitnie korzystne.

Analiza sumarycznego wskaźnika oceny warunków pogodowych pozwala na wyodrębnienie okresów o różnej przydatności do przebywania człowieka w terenie otwartym.

### 3. Przykład zastosowania biotermiczno-meteorologicznej klasyfikacji pogody do oceny warunków rekreacji w Warszawie

Przeprowadzając szczegółową analizę warunków pogodowych w Warszawie oparto się na codziennych danych meteorologicznych, znajdujących się w bazie danych NOAA, ze stacji Warszawa-Okęcie dla okresu 1994-2001 (Błażejczyk 2002). Pogodę w Warszawie scharakteryzowano na tle panujących w tym samym czasie mas powietrza.

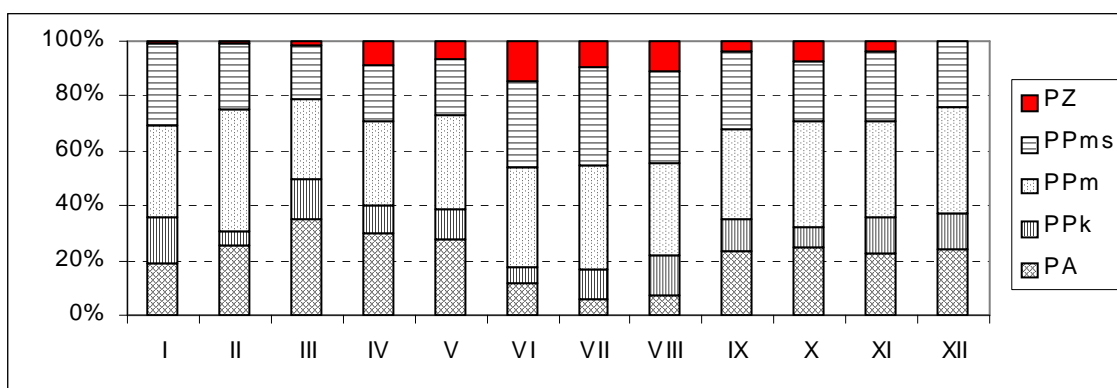
W badanym okresie, pojawiało się w Warszawie 95 różnych klas pogody. Najczęściej (około 25% dni w roku) występowała pogoda chłodna, z umiarkowanymi lub słabymi bodźcami radiacyjnymi, podczas której panował termofizjologiczny stres zimna, brak było uczucia parności, dobowe różnice temperatury były niewielkie, nie występowała pokrywa śnieżna, mógł natomiast wystąpić opad atmosferyczny (klasy: -1\_2C0\_000, -1\_2C0\_010 i -1\_1C0\_000). Nieznacznie rzadziej pojawiała się pogoda typów: 1\_2H1\_100 oraz 0\_2C0\_100, odpowiednio 6,7% i 7,3% (tab. 3).

Ponad 40% przypadków pogody oznaczonej symbolem -1\_2C0\_000 obserwuje się podczas zalegania powietrza arktycznego, natomiast pogody typu -1\_2C0\_010 (a więc z opadami atmosferycznymi) - w masie powietrza polarno-morskiego. Prawie 3/4 przypadków pogody chłodnej o symbolu -1\_1C0\_000 (a więc ze słabymi bodźcami radiacyjnymi) występuje w masach PPM i PPms. Pogoda ciepła 1\_2H1\_100 (a więc o umiarkowanych bodźcach radiacyjnych, wiążąca się z termofizjologicznym stresem ciepła, umiarkowaną intensywnością parności i dużych dobowych kontrastach termicznych) najczęściej była obserwowana w masie PPms, stanowiąc 1/3 wszystkich przypadków pogody związanej z tą masą powietrza. Częstość poszczególnych mas powietrza w Warszawie, w badanym okresie, przedstawia rycina 1.

Tabela 3. Częstość (%) występowania różnych rodzajów pogody na stacji Warszawa-Okęcie, wartości średnie roczne za lata 1994-2001

Pogoda			Częstość		Częstość w masie powietrza				
Typ	Podtyp	Klasa	ogółem	skumulowan a	PA	PPk	PPm	PPms	PZ
-1	2C0	000	8,9	8,9	4,01	0,24	2,81	1,68	0,14
-1	2C0	010	8,7	17,6	2,84	0,14	4,15	1,47	0,10
-1	1C0	000	8,6	26,2	1,30	0,86	3,08	3,29	0,07
1	2H1	100	7,3	33,5	0,48	1,78	1,88	2,47	0,72
0	2C0	100	6,7	40,2	1,92	0,92	2,36	1,34	0,17
-1	2C0	100	6,2	46,4	2,74	0,38	2,16	0,69	0,21
1	2H0	100	5,0	51,4	0,51	0,51	1,54	1,92	0,48
-1	1C0	010	4,3	55,7	0,72	0,10	2,26	1,16	0,07
-2	1C0	000	3,3	59,0	1,34	1,30	0,17	0,51	
0	2C0	010	3,3	62,2	0,99		1,47	0,75	0,03
1	3H1	100	2,7	64,9	0,14	0,17	0,89	0,92	0,55
0	2C0	000	2,3	67,2	0,48	0,07	1,03	0,55	0,14
1	3H0	100	2,2	69,4	0,31	0,31	0,62	0,89	0,07
1	2H1	110	2,1	71,5	0,14	0,10	0,58	0,82	0,48
2	2H1	100	1,9	73,4	0,03	0,38	0,38	0,45	0,65
-1	2C0	110	1,7	75,1	0,69		0,75	0,27	0,03

W tabeli zamieszczono tylko te klasy pogody, których łączna częstość w badanym okresie wynosiła co najmniej 1,5%.



Ryc. 1. Częstość występowania poszczególnych mas powietrza w Warszawie w okresie 1991-2001

Pomimo dość dużej różnorodności warunków pogodowych w Warszawie, obserwuje się znaczną ich koncentrację. Spośród 95 obserwowanych rodzajów pogody 20 jej odmian stanowi ponad 80% wszystkich przypadków, a 7 z nich panuje łącznie przez ponad 50% dni w roku (poza wymienionymi wyżej typami są to jeszcze typy: -1\_2C0\_100 oraz 1\_2H0\_100).

Ogólnie można stwierdzić, że pogoda w Warszawie charakteryzuje się wyraźną różnorodnością i zmiennością sezonową. Przez 44% dni w roku występuje pogoda chłodna, a jej wyraźna kulminacja ma miejsce w okresie od października do marca (62-93% dni w

miesiącu). Na drugim miejscu pod względem częstości znajduje się pogoda ciepła (29% dni w roku), z wyraźną kulminacją latem (72-79% dni w miesiącu). Obserwowana zmienność bodźców radiacyjnych nawiązuje zarówno do rocznego cyklu promieniowania słonecznego, jak i do sezonowych zmian zachmurzenia. Duża różnorodność warunków pogodowych latem wynika ze stosunkowo częstego występowania wtedy termofizjologicznego stresu zimna i związanych z nim reakcji dostosowawczych organizmu. Na podkreślenie zasługuje także fakt bardzo częstego (60-82% dni w miesiącu) pojawiania się w cieplej połowie roku dużych dobowych kontrastów termicznych. Świadczy to o dużej dobowej zmienności warunków odczuwalnych, a więc także odczuć cieplnych i stresu termofizjologicznego (tab. 4).

Tabela 4. Częstość (%) występowania różnych typów, podtypów i klas pogody, Warszawa-Okęcie, 1994-2001

Charakterystyka pogody	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Rok
<b>Typ pogody:</b>													
bardzo zimna	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
zimna	22,3	10,2	0,4	.	.	.	.	.	.	.	4,2	28,1	5,4
chłodna	77,7	89,8	90,3	37,1	1,2	.	.	0,4	11,3	61,7	93,3	71,9	44,3
komfortowa	.	.	9,3	40,0	34,7	13,3	3,6	8,9	57,9	31,9	2,5	.	16,9
ciepła	.	.	.	22,9	59,3	72,1	75,0	79,0	30,8	6,5	.	.	29,1
gorąca	.	.	.	.	4,8	14,2	19,4	11,3	.	.	.	.	4,2
bardzo gorąca	.	.	.	.	.	0,4	2,0	0,4	.	.	.	.	0,2
<b>Podtyp pogody</b>													
<b>Bodźce radiacyjne:</b>													
słabe	58,3	55,3	62,0	50,0	30,0	30,0	40,0	50,0	60,8	53,6	64,6	76,3	52,6
umiarkowane	41,7	44,7	37,2	32,5	32,5	32,5	39,8	37,1	39,2	45,2	35,4	23,7	36,8
silne	.	.	0,8	17,5	37,5	37,5	20,2	12,9	.	1,2	.	.	10,6
<b>Stres termofizjologiczny:</b>													
zimna	100,0	100,0	97,6	73,8	41,9	30,0	13,7	13,3	61,7	87,9	100,0	100,0	68,0
termo-neutralnie	.	.	2,4	20,4	41,5	40,0	45,6	46,4	35,4	12,1	.	.	20,5
gorąca	.	.	.	5,8	16,5	30,0	40,7	40,3	2,9	.	.	.	11,5
<b>Intensywność parności:</b>													
brak	100,0	100,0	100,0	92,1	73,8	58,3	40,3	41,1	86,3	98,4	100,0	100,0	82,3
umiarkowana	.	.	.	7,9	26,2	36,7	51,6	55,6	13,8	1,6	.	.	16,3
silna	.	.	.	.	.	5,0	8,1	3,2	.	.	.	.	1,4
<b>Klasa pogody</b>													
<b>Dobowe kontrasty termiczne:</b>													
małe	83,4	77,0	54,4	32,9	18,5	28,8	23,4	20,6	39,6	47,6	80,0	87,2	49,2
duże	16,6	23,0	45,6	67,1	81,5	71,3	76,6	79,4	60,4	52,4	20,0	12,8	50,8
<b>Opad atmosferyczny:</b>													
bez opadu	73,3	61,9	66,5	65,8	67,7	66,7	66,9	69,0	70,8	71,8	70,0	67,8	68,2

z opadem	26,7	38,1	33,5	34,2	32,3	33,3	33,1	31,0	29,2	28,2	30,0	32,2	31,8
Pokrywa śnieżna:													
bez pokrywy	97,6	96,9	96,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	96,7	95,9	98,6
z pokrywą	2,4	3,1	4,0	.	.	.	.	.	.	.	3,3	4,1	1,4

### 3.1. Kalendarz warunków pogodowych

Uśredniając dla każdego dnia badanego okresu 1994-2001 indeksy liczbowe typu, podtypu i klasy pogody określono z jakim rodzajem pogody można się - z dużym prawdopodobieństwem - liczyć w poszczególnych dniach (tab. 5). Jeżeli przez co najmniej 3/4 okresu występowała w danym dniu roku taka sama charakterystyka pogody wtedy w tabeli zamieszczono pojedynczy symbol numeryczny. Wtedy, gdy w kolejnych latach analizowanego okresu występowały w danym dniu roku różne typy, podtypy lub/i klasy pogody w tabeli zaznaczono to dwoma symbolami numerycznymi rozdzielonymi kreską ułamkową (np. typ 0/1), co oznacza, że w danym dniu należy się liczyć z występowaniem typu 0 lub 1 pogody.

Wprawdzie okres przyjęty do badań jest stosunkowo krótki, niemniej informacje o prawdopodobnych warunkach pogodowych, zamieszczone w tabeli 5, mogą być ważną wskazówką dotyczącą w planowaniu zajęć na otwartym powietrzu.

Tabela 5. Kalendarz warunków pogodowych, Warszawa-Okęcie (na podstawie danych za lata 1994-2001)

Styczeń								Luty								Marzec							
dz.	Typ	Podtyp			Klasa			dz.	Typ	Podtyp			Klasa			dz.	Typ	Podtyp			Klasa		
	<i>STI</i>	<i>R'</i>	<i>PhS</i>	<i>HSI</i>	<i>dt</i>	<i>RR</i>	<i>SC</i>		<i>STI</i>	<i>R'</i>	<i>PhS</i>	<i>HSI</i>	<i>dt</i>	<i>RR</i>	<i>SC</i>		<i>STI</i>	<i>R'</i>	<i>PhS</i>	<i>HSI</i>	<i>dt</i>	<i>RR</i>	<i>SC</i>
1	-1/-2	1	C	0	0	0/1	0	1	-1	2	C	0	0/1	0/1	0	1	-1	2	C	0	0/1	1/0	0
2	-1/-2	1	C	0	0/1	0	0	2	-1/-2	2	C	0	0/1	1/0	0	2	-1	2	C	0	0/1	0/1	0
3	-1/-2	1	C	0	0/1	0/1	0	3	-1/-2	2	C	0	0/1	1/0	0	3	-1	2	C	0	1/0	1/0	0
4	-1/-2	1	C	0	0	0/1	0	4	-1/-2	2	C	0	0	0/1	0	4	-1	2	C	0	0/1	1/0	0
5	-1/-2	1	C	0	0	0/1	0	5	-1	2	C	0	0	0/1	0	5	-1/0	2	C	0	0/1	1/0	0
6	-1/-2	1	C	0	0	0/1	0	6	-1	2/1	C	0	0/1	0/1	0	6	-1	2	C	0	1/0	0/1	0
7	-1/-2	1	C	0	0	0	0	7	-1	2/1	C	0	0/1	0	0	7	-1	2	C	0	1/0	0/1	0
8	-1	1	C	0	0	0/1	0	8	-1	2	C	0	0	1/0	0	8	-1	2	C	0	0/1	0/1	0
9	-1	1	C	0	0	0/1	0	9	-1	2	C	0	0/1	0/1	0	9	-1	2	C	0	1/0	0/1	0
10	-1	1	C	0	0	0/1	0	10	-1	2	C	0	0/1	0	0	10	-1/0	2	C	0	1/0	0	0
11	-1/-2	1	C	0	0	0/1	0	11	-1/-2	2	C	0	0	0/1	0	11	-1/0	2	C	0	0/1	0/1	0
12	-1	1/2	C	0	0	0/1	0	12	-1/-2	2	C	0	1/0	0/1	0	12	-1/0	2	C	0	1/0	0	0
13	-1	1	C	0	0	0/1	0	13	-1	2	C	0	0	1/0	0	13	-1	2	C	0	1/0	0/1	0
14	-1	1/2	C	0	0/1	0	0	14	-1/-2	2	C	0	0/1	1/0	0	14	-1	2	C	0	0	1/0	0
15	-1	1/2	C	0	0/1	0/1	0	15	-1/-2	2	C	0	0/1	0/1	0	15	-1	2	C	0	0	0/1	0
16	-1	1	C	0	0/1	0	0	16	-1	2	C	0	0	1/0	0	16	-1	2	C	0	0/1	0	0
17	-1	1	C	0	0/1	0	0	17	-1	2	C	0	0	1/0	0	17	-1	2	C	0	0/1	0	0
18	-1	1/2	C	0	0/1	0	0	18	-1	2	C	0	0/1	0/1	0	18	-1	2	C	0	0/1	0/1	0
19	-2/-1	1/2	C	0	0	0	0	19	-1	2	C	0	0	1/0	0	19	-1	2	C	0	0/1	1/0	0
20	-1/-2	1/2	C	0	0	0	0	20	-1	2	C	0	0	1/0	0	20	-1	2	C	0	1/0	0/1	0
21	-1/-2	2	C	0	0	0	0	21	-1	2	C	0	0/1	0/1	0	21	-1	2	C	0	0	0/1	0
22	-1/-2	2	C	0	0	0	0	22	-1	2	C	0	0/1	1/0	0	22	-1	2	C	0	1/0	0	0
23	-1/-2	2	C	0	0/1	0/1	0	23	-1	2	C	0	0/1	1/0	0	23	-1	2	C	0	0/1	0/1	0
24	-1/-2	2	C	0	0	0	0	24	-1	2	C	0	0/1	0/1	0	24	-1	2	C	0	1/0	0/1	0
25	-1/-2	2	C	0	0	0/1	0	25	-1	2	C	0	0	0	0	25	-1	2	C	0	1/0	0/1	0
26	-1	2	C	0	0/1	1/0	0	26	-1	2	C	0	0/1	0/1	0	26	-1/0	2	C	0	1/0	1/0	0
27	-1/-2	2	C	0	0/1	0/1	0	27	-1	2	C	0	0/1	0/1	0	27	-1/0	2	C	0	1/0	1/0	0
28	-1	2	C	0	0	1/0	0	28	-1	2	C	0	0/1	0/1	0	28	-1	2	C	0	1/0	0/1	0
29	-1/-2	2	C	0	0/1	0/1	0								29	-1	2	C	0	1/0	0/1	0	
30	-1	2	C	0	0/1	1/0	0								30	-1/0	2	C	0	1/0	0/1	0	
31	-1/-2	2	C	0	0/1	0/1	0								31	-1/0	2	C	0	1	0	0	

dz. - dzień







tab. 5. (c.d.)

Październik								Listopad								Grudzień							
dz.	Typ	Podtyp			Klasa			dz.	Typ	Podtyp			Klasa			dz.	Typ	Podtyp			Klasa		
	STI	R'	PhS	HSI	dt	RR	SC		STI	R'	PhS	HSI	dt	RR	SC		STI	R'	PhS	HSI	dt	RR	SC
1	0/-1	2	C	0	1/0	0/1	0	1	-1/0	2	C	0	0/1	0/1	0	1	-1	1/2	C	0	0	0/1	0
2	-1/0	2	C	0	1/0	0/1	0	2	-1	2	C	0	0/1	1/0	0	2	-1/-2	1	C	0	0	0/1	0
3	0	2/3	C/T	0/1	1/0	0/1	0	3	-1	2	C	0	1/0	1/0	0	3	-1	1	C	0	0	0/1	0
4	0	2	C	0	1/0	1/0	0	4	-1	2	C	0	0	0/1	0	4	-1/-2	1/2	C	0	0/1	0/1	0
5	0/-1	2	C	0	1/0	0/1	0	5	-1	2	C	0	1/0	0/1	0	5	-1/-2	1	C	0	0	0/1	0
6	0/-1	2	C	0	1/0	0	0	6	-1	2	C	0	1/0	0	0	6	-1/-2	1	C	0	0	0/1	0
7	0/-1	2	C/T	0	1/0	0	0	7	0	2	C	0	0/1	1/0	0	7	-1/-2	1	C	0	0	0	0
8	0/-1	2	C	0	1/0	0/1	0	8	-1	2	C	0	0	1	0	8	-1/-2	1	C	0	0	0/1	0
9	0/-1	2	C	0	1/0	1/0	0	9	-1	2	C	0	0	0/1	0	9	-1/-2	1	C	0	0	0/1	0
10	0/-1	2	C	0	0/1	1/0	0	10	-1	2	C	0	0/1	0	0	10	-1	1	C	0	0	1/0	0
11	-1/0	2	C	0	1/0	1/0	0	11	-1	2	C	0	0/1	0	0	11	-1	1	C	0	0	1/0	0
12	-1/0	2	C	0	1/0	0/1	0	12	-1	2	C	0	0/1	0	0	12	-1	1	C	0	0	1/0	0
13	0/-1	2	C	0	1/0	0	0	13	-1	2	C	0	0	0	0	13	-1/-2	1	C	0	0/1	0/1	0
14	0/-1	2	C	0	1/0	0	0	14	-1	2	C	0	0/1	0/1	0	14	-1	1	C	0	0/1	1/0	0
15	0/-1	2	C	0	1/0	0/1	0	15	-1	2	C	0	0/1	0/1	0	15	-1/-2	1	C	0	0/1	0/1	0
16	-1/0	2	C	0	1/0	0/1	0	16	-1	2	C	0	0	1/0	0	16	-2/-1	1	C	0	0	1/0	0
17	-1/0	2	C	0	1/0	0	0	17	-1	2	C	0	0/1	0/1	0	17	-1/-2	1	C	0	0	0/1	0
18	0/-1	2	C	0	1/0	0	0	18	-1	2	C	0	0	0/1	0	18	-1	1	C	0	0/1	0/1	0
19	-1/0	2	C	0	1/0	0	0	19	-1	2	C	0	0/1	0/1	0	19	-1	1	C	0	0/1	0	0
20	-1	2	C	0	0/1	0/1	0	20	-1	2	C	0	0/1	0/1	0	20	-1	1	C	0	0/1	0/1	0
21	-1	2	C	0	1/0	0	0	21	-1	2/1	C	0	0	0/1	0	21	-2/-1	1	C	0	0	0	0
22	-1	2	C	0	1/0	0/1	0	22	-1/-2	1	C	0	0	0/1	0	22	-2/-1	1	C	0	0	0	0
23	-1	2	C	0	1/0	0	0	23	-1/-2	1	C	0	0	0/1	0	23	-2/-1	1	C	0	0	0/1	0
24	-1	2	C	0	0/1	0	0	24	-1	1	C	0	0	0/1	0	24	-2/-1	1	C	0	0	0	0
25	-1/0	2	C	0	0/1	0/1	0	25	-1	1/2	C	0	0	0/1	0	25	-2/-1	1	C	0	0	0/1	0
26	-1/0	2	C	0	0/1	0/1	0	26	-1	1	C	0	0	0/1	0	26	-1/-2	1	C	0	0	1/0	0
27	-1	2	C	0	0/1	0/1	0	27	-1	1	C	0	0	0	0	27	-1/-2	1	C	0	0/1	0/1	0
28	-1	2/1	C	0	1/0	1/0	0	28	-1	1	C	0	0	0/1	0	28	-1/-2	1	C	0	0	0/1	0
29	-1	2	C	0	0/1	1/0	0	29	-1	1	C	0	0	0	0	29	-1/-2	1	C	0	0/1	0/1	0
30	-1	2/1	C	0	0/1	1/0	0	30	-1	1	C	0	0	0	0	30	-1/-2	1	C	0	0	1/0	0
31	-1/0	2	C	0	0/1	0/1	0								31	-1/-2	1	C	0	0	0/1	0	

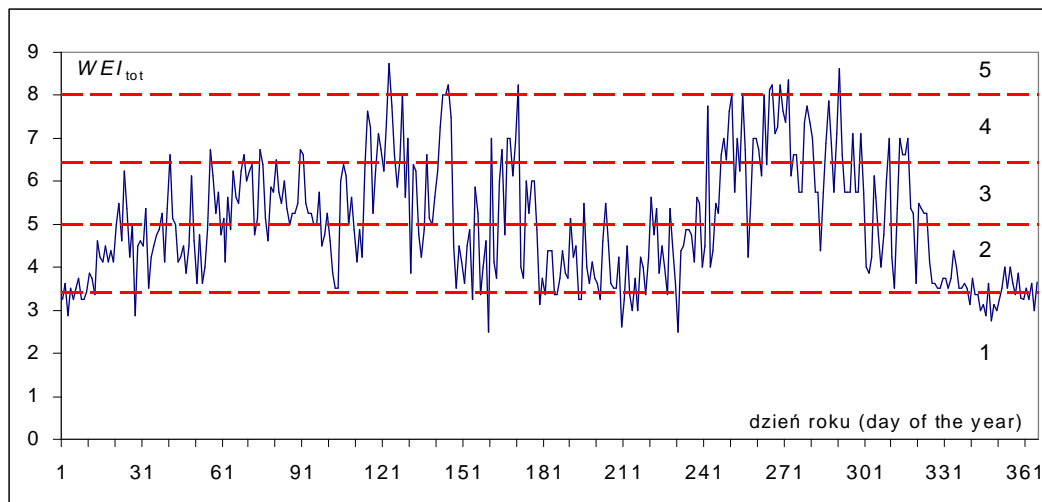
### 3.3. Przydatność warunków pogodowych do rekreacji i turystyki

Oceny stopnia przydatności pogody dokonano oddzielnie dla każdej z wyróżnionych form aktywności człowieka dla każdego dnia badanego okresu 1994-2001, a następnie obliczono średnie wartości wskaźników oceny ( $WEI_{avg}$ ) dla kolejnych dni roku. Powstał w ten sposób kalendarz przydatności warunków pogodowych do różnych form rekreacji i turystyki.

Poza średnimi wskaźnikami oceny warunków pogodowych ( $WEI_{avg}$ ) dla każdej z form aktywności człowieka obliczono także sumaryczny wskaźnik oceny ( $WEI_{tot}$ ) (ryc. 2). Analiza wartości tego wskaźnika pozwoliła na wyodrębnienie okresów o różnej przydatności do rekreacji i turystyki w aglomeracji warszawskiej.

- Okres z dominacją warunków niekorzystnych trwa w Warszawie od 22 listopada do 10 stycznia.
- Pogoda umiarkowanie korzystna przeważa w okresach: od 11 stycznia do 24 lutego oraz od 27 czerwca do 25 sierpnia.
- Okresy pogody korzystnej pojawiają się od 25 lutego do 24 kwietnia, od 11 maja do 26 czerwca, od 26 sierpnia do 3 września oraz od 27 października do 21 listopada.
- Okresy z dominacją pogody bardzo korzystnej występują w ciągu roku dwukrotnie: od 25 kwietnia do 10 maja oraz od 4 września do 26 października.

Obniżona ocena przydatności warunków pogodowych w okresie lipca i sierpnia jest spowodowana wspomnianymi wyżej częstymi uciążliwymi stanami biotermicznymi odczuwanymi jako „gorąco” i „bardzo gorąco” oraz stanami parności.



Ryc. 2. Przebieg roczny sumarycznego wskaźnika oceny warunków pogodowych ( $WEI_{tot}$ ), Warszawa-Okęcie, 1994-2001; liniami poziomymi oddzielono poszczególne klasy oceny: 1 - warunki niekorzystne, 2 - warunki umiarkowanie korzystne, 3 - warunki korzystne, 4 - warunki bardzo korzystne, 5 - warunki wybitnie korzystne

Ciekawe są wyniki analizy przydatności warunków pogodowych w różnych masach powietrza. W zależności od pory roku, poszczególne masy powietrza charakteryzują się różnym stopniem przydatności pogody. Zimą, najwyższymi wskaźnikami oceny  $WEI_{avg}$  - w odniesieniu do łagodnych form aktywności ruchowej - odznacza się pogoda kształtowana przez masę powietrza zwrotnikowego, a w odniesieniu do intensywnych form aktywności - pogoda występująca podczas zalegania powietrza polarno-kontynentalnego. Ta też masa powietrza odznacza się najwyższym wskaźnikiem oceny sumarycznej (tab. 6).

Wiosną, z kąpielii słonecznych można korzystać podczas pogody związanej z masami

PZ i PPK, a z kąpiele powietrznych - także z masami PPM i PPms. Masy PPK i PZ stwarzają również najdogodniejsze warunki do łagodnych form rekreacji ruchowej. Natomiast aktywnej rekreacji ruchowej najbardziej sprzyja pogoda związana z masą powietrza arktycznego i polarno-morskiego starego. Najwyższym wskaźnikiem sumarycznej oceny pogody odznacza się masa PPK.

Latem kąpiele słoneczne i powietrzne oraz łagodna rekreacja ruchowa mogą być bez większych przeszkód stosowane podczas zalegania powietrza arktycznego, polarno-morskiego i polarno-morskiego starego. Niekorzystne warunki pogodowe panują latem w masie powietrza zwrotnikowego i polarno-kontynentalnego.

Jesienią, dwie ostatnio wymienione masy powietrza charakteryzują się natomiast najkorzystniejszymi warunkami pogodowymi. W przypadku masy PZ panuje pogoda korzystna dla wszystkich form aktywności człowieka, a w przypadku masy PPK - dla rekreacji ruchowej, łagodnej i aktywnej (tab. 6).

Tabela 6. Wartości sumarycznego wskaźnika oceny pogody ( $WEI_{tot}$ ) oraz średnich wskaźników oceny przydatności pogody ( $WEI_{avg}$ ) do różnych form rekreacji i turystyki: kąpiele słonecznych (SB), kąpiele powietrznych (AB), łagodnych form rekreacji ruchowej (MR), intensywnej rekreacji ruchowej (AR) oraz turystyki narciarskiej (ST) w różnych masach powietrza, Warszawa-Okęcie 1994-2001

<b>Zima</b>	$WEI_{avg}$					$WEI_{tot}$	<b>Wiosna</b>	$WEI_{avg}$					$WEI_{tot}$
Masa	SB	AB	MR	AR	ST		Masa	SB	AB	MR	AR	ST	
PA	0,0	0,3	1,5	<b>2,5</b>	0,1	4,3	PA	0,7	1,0	1,9	1,8	0,1	5,5
PPk	0,0	0,2	1,3	<b>2,9</b>	0,0	4,4	PPk	1,2	1,4	<b>2,1</b>	1,7	0,2	<b>6,7</b>
PPm	0,0	0,2	1,4	<b>2,1</b>	0,1	3,9	PPm	1,1	1,2	1,8	1,6	0,0	5,7
PPms	0,0	0,3	1,5	<b>2,4</b>	0,0	4,2	PPms	1,0	1,3	<b>2,0</b>	1,8	0,0	6,2
PZ	0,0	0,3	1,7	<b>2,0</b>	0,0	4,0	PZ	1,4	1,4	1,7	1,3	0,0	5,8
<b>Lato</b>	$WEI_{avg}$					$WEI_{tot}$	<b>Jesień</b>	$WEI_{avg}$					$WEI_{tot}$
Masa	SB	AB	MR	AR	ST		Masa	SB	AB	MR	AR	ST	
PA	1,6	1,6	1,3	0,7	0,0	5,2	PA	0,5	0,9	<b>2,3</b>	<b>2,4</b>	0,0	6,1
PPk	1,0	1,0	0,8	0,3	0,0	3,2	PPk	0,8	1,1	<b>2,3</b>	<b>2,1</b>	0,0	6,4
PPm	1,6	1,6	1,3	0,7	0,0	5,1	PPm	0,7	0,9	1,9	1,9	0,0	5,5
PPms	1,6	1,6	1,2	0,5	0,0	4,9	PPms	0,7	1,0	<b>2,1</b>	<b>2,2</b>	0,0	5,9
PZ	0,7	0,7	0,3	0,1	0,0	1,9	PZ	1,6	1,8	<b>2,5</b>	1,7	0,0	<b>7,6</b>

czcionką pochyłą zaznaczono wartości wskaźnika  $WEI_{avg}$  i  $WEI_{tot}$  mówiące o niekorzystnych warunkach pogodowych; analogicznie pola zasraflowane oznaczają pogodę korzystną, a pola zasraflowane i czcionka pogrubiona - pogodę bardzo korzystną

#### 4. Podsumowanie

Analiza warunków pogodowych jest jednym z podstawowych sposobów badania oddziaływania na człowieka całego zespołu elementów meteorologicznych. Przedstawiona w obecnym opracowaniu nowa typologia pogody dwie grupy czynników: bodźce radiacyjno-

termiczno-wilgotnościowe oraz podstawowe meteorologiczne charakterystyki pogody wpływające na możliwość przebywania w terenie otwartym.

Intensywność wspomnianych wyżej bodźców meteorologicznych jest oceniana za pomocą nowych wskaźników biotermicznych: temperatury odczuwalnej, ilości pochłoniętego promieniowania słonecznego, stresu termofizjologicznego i uczucia parności. Wszystkie wskaźniki wyznacza się poprzez analizę bilansu cieplnego człowieka. Ich wartości mają realne znaczenie fizjologiczne i mówią o rzeczywistym natężeniu obciążeń cieplnych spowodowanych aktualnymi meteorologicznymi i swoistymi reakcjami dostosowawczymi organizmu do tych warunków.

Analiza podstawowych meteorologicznych charakterystyk pogody ma znaczenie uzupełniające i mówi o pewnych zagrożeniach lub dodatkowych walorach aktualnie panującej pogody.

Przedstawioną typologię pogody zastosowano do badania warunków rekreacji i możliwości pracy w terenie otwartym w Warszawie. Stwierdzono wyraźną sezonowość warunków pogodowych. Stopień ich przydatności do różnych form rekreacji i pracy jest uzależniony od rodzaju zalegającej nad danym obszarem masy powietrza.

Typologia pogody jest także wykorzystywana do oceny warunków bioklimatycznych innych obszarów, głównie w ramach prac magisterskich wykonywanych w Instytucie Geografii Akademii Bydgoskiej (Kowalkowska 2003, Kyrz 2003, Sitek 2003). Niektóre wyniki badań w tym zakresie były także zaprezentowane na konferencji międzynarodowej (Kowalkowska i in. 2003).

## Literatura

Beaumont W. van, Bullard R.W. 1965, Sweating: Direct influence of skin temperature. *Science*, 147, 3664, 1465-1467.

Belding H.S., Hatch T.F., 1955, Index for evaluating heat stress in terms of resulting physiological strain. *Heating, Piping and Air Conditioning*, 27, 129-136.

BioKlima© 2.2, pakiet programu, [www.igipz.pan.pl.\klimat\blaz\bioklima.html](http://www.igipz.pan.pl.\klimat\blaz\bioklima.html)

Blanc J. de 1975, *Man in the cold*. Ch. C. Thomas Publ., Springfield.

Błażejczyk K., 1979, Typologia pogody na potrzeby klimatoterapii. Dokumentacja Geograficzna IGiPZ PAN, 2, 12-24.

- 1981, Bioklimatyczna klasyfikacja pogody. *Problemy Uzdrowiskowe*, 1/4, 169-173.

- 1993, Wymiana ciepła pomiędzy człowiekiem a otoczeniem w różnych warunkach środowiska geograficznego. Prace Geograficzne IGiPZ PAN, 159.
  - 1997, Dry heat exchange and skin temperature in subjects outdoors at fluctuated cloud cover. [w:] B. Nielsen-Jahannsen, R. Nielsen (red.), Thermal Physiology 1997, Proceedings International Symposium Thermal Physiology, Copenhagen 8-12 July 1997, August Krogh Institute, 115-118.
  - 1998, Promieniowanie słoneczne a gospodarka cieplna organizmu człowieka. Zeszyty IGiPZ PAN, Nr 51, 1998.
  - 2001, Assessment of recreational potential of bioclimate based on the human heat balance. [w:] A. Matzarakis, C.R. de Freitas (red.), Proc. of the 1<sup>st</sup> International Workshop on Climate, Tourism and Recreation, International Society of Biometeorology, Commission on Climate, Tourism and Recreation, www.uni-freiburg.de/isb, s. 1-20.
  - 2002, Znaczenie czynników cyrkulacyjnych i lokalnych w kształtowaniu klimatu i bioklimatu aglomeracji warszawskiej. Dokumentacja Geograficzna, 26.
  - 2003a, Bioklimatyczne uwarunkowania rekreacji i turystyki. maszynopis
  - 2003b, Assessment of radiation balance in man - modelling consideration. Geographia Polonica (w druku)
- Błażejczyk K., Nilsson H., Holmér I., 1993, Solar heat load on man (review of different methods of estimation). International Journal Biometeorology, 37, 125-132.
- Błażejczyk K., Tokura H., Bortkiewicz A., Szymczak W., 2000, Solar radiation and thermal physiology in man. [w:] Biometeorology and urban climatology at the turn of millennium, Selected papers from the Conference ICB-ICUC'99 (Sydney, 8-12 Nov. 1999), eds. de Dear R.J., Kalma J.D., Oke T.R., Auliciems A., World Meteorological Organization, Genewa, 267-271
- Brown R.D., Gillespie T. J., 1986, Estimating outdoor thermal comfort using a cylindrical radiation thermometer and an energy budget model. International Journal Biometeorology, 30, 1, 43-52.
- Clark R.P., Edholm O.G., 1985, Man and his thermal environment. E. Arnold Ltd., London.
- Čubukov L.A., Nevraev G.A., 1960, Klimatoterapevticeskie znacenie vaznejsich klassov mestnoj pogody. Voprosy Kurortnoj Fizjoterapii i Lecebnoj Fiziceskoj Kultury, 3, 193-202.
- Daniłowa N.A., 1988, Przyroda i nasze zdrowie. Wiedza Powszechna, Warszawa.
- de Freitas C.R., 2001, Theory, concepts and methods in tourism climate research. [w:]

- A.Matzarakis, C.R. de Freitas (red.), Proc. of the 1<sup>st</sup> International Workshop on Climate, Tourism and Recreation, International Society of Biometeorology, Commission on Climate, Tourism and Recreation, WP1, [www.uni-freiburg.de/isb](http://www.uni-freiburg.de/isb), s. 1-18
- Holmér I., 1988, Assessment of cold stress in terms of required clothing insulation – IREQ. *International Journal Industrial Ergonomy*, 3, 159-166.
- ISO/DC 11079, Evaluation of cold environments. Determination of required clothing insulation. International Organisation Standardisation, Geneva.
- Kenney W.L. 1985, A review of comparative responses of men and women to heat stress. *Environmental Research*, 37, 1, 1-11.
- Kowalkowska 2003, Warunki bioklimatyczne jako potencjał rekreacyjny polskiego wybrzeża Bałtyku. Praca magisterska, Archiwum Instytutu Geografii Akademii Bydgoskiej.
- Kowalkowska L., Błażejczyk K., Kyrzcz H., 2003, Conditions bioclimatiques du côté sud de la Mer Baltique pendant été. *Dokumentacja Geograficzna*, w druku
- Kozłowska-Szczęsna T., Błażejczyk K., 1998, Promieniowanie słoneczne i jego wpływ na organizm człowieka. *Balneologia Polska*, 40, 1-2, 130-141.
- Kyrzcz H., 2003, Bioklimatyczna ocena warunków pogodowych Pobrzeża Gdańskiego. Praca magisterska, Archiwum Instytutu Geografii Akademii Bydgoskiej.
- Łobożewicz T., 1979, Warunki rozwoju turystyki i sportu narciarskiego w Polsce w świetle badań śniegowych. Instytut Turystyki, Warszawa.
- Malchaire J.B. 1991, Predicted sweat rate in fluctuating thermal conditions. *European Journal Applied Physiology*, 63, 282-287.
- Mitchell D., 1977, Physical basis of thermoregulation. [w:] D. Robertshaw (red.), *International review of physiology*. 15, *Environmental physiology II*, University Park Press, 1-21.
- Nevraev G.A., Čubukov L.A. (red.), 1964, Metodika izucenija i schema opisanija klimata kurortov. Min.Zdrav., Moskva.
- Nielsen B., Kassow K., Aschengreen F.E., 1988, Heat balance during exercise in the sun. . *European Journal Applied Physiology*, 58, 189-196.
- Sitek M., 2003, Warunki biotermiczne w okresie letnim i zimowym w Tatrach. Praca magisterska, Archiwum Instytutu Geografii Akademii Bydgoskiej.
- Woś A., 1999, *Klimat Polski*. Wyd. Nauk. PWN, Warszawa.