

POLSKA AKADEMIA NAUK
INSTYTUT GEOGRAFII I PRZESTRZENNEGO ZAGOSPODAROWANIA
IM. STANISŁAWA LESZCZYCKIEGO

PRACE GEOGRAFICZNE NR 192

Krzysztof Błażejczyk

**BIOKLIMATYCZNE UWARUNKOWANIA
REKREACJI I TURYSTYKI W POLSCE**



WARSZAWA 2004

172. Bański J., *Obszary problemowe w rolnictwie Polski*, 1999, s. 128, 36 il.
173. Grzeszczak J., *Bieguny wzrostu a formy przestrzeni spolaryzowanej*, 1999, s. 91, 3 il.
174. Kotarba A., Kozłowska A. (red.), *Badania geoekologiczne w otoczeniu Kasprowego Wierchu*, 1999, s. 132, 32 il., 3 fot., 4 mapy.
175. Taylor Z., *Przekształcenia sieci handlu detalicznego i gastronomii w okresie transformacji społeczno-gospodarczej Polski*, 2000, s. 61, 16 il., 8 fot.
176. Gierszewski P., *Charakterystyka środowiska hydrochemicznego wód powierzchniowych zachodniej części Kotliny Płockiej*, 2000, s. 136, 47 il., 8 fot.
177. Komornicki T., *Potoki towarowe polskiego handlu zagranicznego a międzynarodowe powiązania transportowe*, 2000, s. 102, 36 il., 21 tab.
178. Roo-Zielińska E., Solon J. (red.), *Typologia zbiorowisk i kartografia roślinności w Polsce – rozważania nad stanem współczesnym*, 2001, s. 273, 46 il., 32 tab., 6 fot., 2 zał.
179. Roo-Zielińska E., Solon J. (red.), *Między geografią i biologią – badania nad przemianami środowiska przyrodniczego*, 2001, s. 330, 88 il., 31 tab., 20 fot.
180. Krawczyk B., Węclawowicz G. (red.), *Badania środowiska fizycznogeograficznego aglomeracji warszawskiej*, 2001, s. 147, 42 il., 20 tab.
181. Kupiszewski M., *Modelowanie dynamiki przemian ludności w warunkach wzrostu znaczenia migracji międzynarodowej*, 2002, s. 174, 9 il., 18 tab.
182. Degórski M., *Przestrzenna zmienność właściwości gleb bielicoziemnych środkowej i północnej Europy a geograficzne zróżnicowanie czynników pedogenicznych*, 2002, s. 189, 44 il., 31 tab.
183. Lankauf K.R., *Recesja lodowców rejonu Kaffiøpyry (Ziemia Oskara II – Spitsbergen)*, 2002, s. 222, 54 il., 33 fot., 37 tab., 17 zał.
184. Węclawowicz G. (red.), *Warszawa jako przedmiot badań w geografii społeczno-ekonomicznej*, 2002, s. 278, 31 il., 33 tab.
185. Solon J., *Ocena różnorodności krajobrazu na podstawie kompleksowej analizy struktury przestrzennej roślinności*, 2002, s. 230, 80 il., 26 tab.
186. Soja R., *Hydrologiczne aspekty antropopresji w polskich Karpatach*, 2002, s. 130, 24 il., 12 tab.
187. Kulikowski R., *Syntetyczne metody badań produktywności i towarowości rolnictwa*, 2003, s. 152, 42 il.
188. Błażejczyk K., Krawczyk B., Kuchcik M. (red.), *Postępy w badaniach klimatycznych i bioklimatycznych*, 2003, s. 316, 93 il., 37 tab.
189. Kotarba A. (red.), *Holocene and late vistulian paleogeography and paleo-hydrology*, 2003, s. 298, 94 il., 3 tab., 9 fot.
190. Komornicki T., *Przestrzenne zróżnicowanie międzynarodowych powiązań społeczno-gospodarczych w Polsce*, 2003, s. 256, 90 il., 11 tab., 3 zał.
191. Starkel L., Singh S. (red.), *Rainfall, runoff and soil erosion in the globally extreme humid area, Cherrapunji Region, India*, 2004, s. 116, 30 il., 16 tab., 12 fot.

POLSKA AKADEMIA NAUK
INSTYTUT GEOGRAFII I PRZESTRZENNEGO ZAGOSPODAROWANIA
IM. STANISŁAWA LESZCZYCKIEGO

PRACE GEOGRAFICZNE NR 192

GEOGRAPHICAL STUDIES

No. 192

BIOCLIMATIC PRINCIPLES OF RECREATION AND TOURISM
IN POLAND

POLSKA AKADEMIA NAUK
INSTYTUT GEOGRAFII I PRZESTRZENNEGO ZAGOSPODAROWANIA
IM. STANISŁAWA LESZCZYCKIEGO

PRACE GEOGRAFICZNE NR 192

Krzysztof Błażejczyk

**BIOKLIMATYCZNE UWARUNKOWANIA
REKREACJI I TURYSTYKI W POLSCE**



WARSZAWA 2004

<http://rcin.org.pl>

KOMITET REDAKCYJNY

REDAKTOR: Grzegorz Węclawowicz
CZŁONKOWIE: Jerzy Grzeszczak, Barbara Krawczyk,
Jan Matuszkiewicz, Jerzy Parysek

RADA REDAKCYJNA

Bolesław Domański, Adam Kotarba, Jan Łoboda,
Andrzej Richling, Jan S. Kowalski, Andrzej Lisowski,
Eamonn Judge, Lydia Coudroy

RECENZENCI TOMU:

Alicja Krzymowska-Kostrowicka, Alojzy Woś

ADRES REDAKCJI:

Dział Wydawnictw IGiPZ PAN
ul. Twarda 51/55, 00-818 Warszawa
e-mail: e.janko@twarda.pan.pl

Opracowanie redakcyjne i techniczne: Ewa Jankowska

© Copyright by Instytut Geografii i Przestrzennego Zagospodarowania PAN
im. Stanisława Leszczyckiego, Warszawa 2004

PL ISSN 0373-6547
ISBN 83-87954-31-4

Łamanie wykonano w Dziale Wydawnictw IGiPZ PAN, ul. Twarda 51/55, 00-818 Warszawa
Druk: Warszawska Drukarnia Naukowa PAN, ul. Śniadeckich 8, 00-656 Warszawa

Spis treści

1. Wstęp	9
2. Bodźce klimatyczne	15
2.1. Zespół bodźców fizycznych	19
2.1.1. Bodźce radiacyjne	19
2.1.2. Bodźce termiczno-wilgotnościowe	22
2.1.3. Bodźce mechaniczne	24
2.1.4. Bodźce elektryczne	25
2.1.5. Bodźce akustyczne	26
2.2. Zespół bodźców chemicznych	27
2.3. Zespół bodźców biologicznych	31
3. Warunki meteorologiczne a rekreacja i turystyka	33
3.1. Promieniowanie słoneczne	33
3.1.1. Promieniowanie UV	38
3.1.2. Promieniowanie widzialne	43
3.1.3. Promieniowanie podczerwone	46
3.1.4. Promieniowanie długofalowe	51
3.1.5. Usłonecznienie	52
3.1.6. Zachmurzenie	55
3.2. Temperatura powietrza	58
3.3. Wilgotność powietrza	59
3.4. Ruch powietrza	63
3.5. Ciśnienie atmosferyczne	65
3.6. Zjawiska meteorologiczne	67
4. Zespołowe wskaźniki biometeorologiczne i bioklimatyczne	71
4.1. Wskaźniki wyznaczone metodami pomiarowymi	72
4.2. Wskaźniki wyznaczone metodami obliczeniowymi	75
4.2.1. Wielkość ochładzająca powietrza	76
4.2.2. Wskaźnik ochładzania wiatrem	79
4.2.3. Temperatura ochładzania wiatrem	82
4.2.4. Wskaźnik <i>Humidex</i>	83
4.2.5. Temperatura efektywna	85
4.2.6. Temperatura radiacyjno-efektywna	88
4.2.7. Ekwiwalent temperatury standardowej	89
4.2.8. Wskaźnik surowości pogody	91
4.2.9. Dopuszczalny poziom aktywności fizycznej	92
4.2.10. Zawartość tlenu w powietrzu	94
4.3. Wskaźniki bioklimatyczne	95
4.3.1. Wskaźnik klimatyczno-turystyczny	95
4.3.2. Wskaźnik kontrastowości bioklimatu	98
4.4. Klasyfikacje warunków pogodowych	99

5. Termofizjologiczne podstawy rekreacji i turystyki	105
5.1. Ogólny model bilansu cieplnego	105
5.2. Źródła ciepła dla organizmu	107
5.2.1. Metaboliczna produkcja ciepła	107
5.2.2. Pochłonięte promieniowanie słoneczne	111
5.3. Transport ciepła wewnątrz organizmu	118
5.4. Oddawanie ciepła do otoczenia	119
5.4.1. Parowanie	120
5.4.2. Oddychanie	123
5.4.3. Unoszenie	123
5.4.4. Przewodzenie	126
5.4.5. Promieniowanie długofalowe	126
5.5. Saldo wymiany ciepła	127
5.6. Mechanizmy regulacji temperatury ciała	129
5.6.1. Termoregulacja w środowisku zimnym	131
5.6.2. Termoregulacja w środowisku gorącym	133
5.7. Znaczenie skóry w wymianie ciepła	134
5.8. Znaczenie odzieży w wymianie ciepła	136
5.8.1. Przewidywana izolacyjność odzieży	137
6. Modele wymiany ciepła pomiędzy człowiekiem a otoczeniem	139
6.1. Przegląd modeli	139
6.2. MENEX_2002 – kompleksowy model wymiany ciepła pomiędzy człowiekiem a otoczeniem	144
6.2.1. Wyznaczanie poszczególnych strumieni ciepła	146
6.3. Charakterystyki warunków biotermicznych	150
6.3.1. Natężenie strumieni ciepła	151
6.3.2. Saldo wymiany ciepła	155
6.3.3. Dopuszczalny czas przebywania	156
6.3.4. Straty wody	157
6.3.5. Wskaźnik stresu cieplnego	158
6.3.6. Stres termofizjologiczny	160
6.3.7. Obciążenie cieplne organizmu	162
6.3.8. Temperatura odczuwalna	163
7. Biotermiczno-meteorologiczna klasyfikacja pogody	167
7.1. Typy pogody	170
7.2. Podtypy pogody	170
7.3. Klasy pogody	172
7.4. Ocena przydatności pogody do różnych form rekreacji	173
7.5. Przykład zastosowania biotermiczno-meteorologicznej klasyfikacji pogody do oceny warunków rekreacji w Warszawie	176
7.5.1. Kalendarz warunków pogodowych	181
7.5.2. Przydatność warunków pogodowych do rekreacji i turystyki	186
8. Warunki bioklimatyczne Polski a możliwość rekreacji i turystyki	189
8.1. Regionalne zróżnicowanie warunków bioklimatycznych	190

8.1.1. Bodźce radiacyjne	191
8.1.2. Bodźce termiczno-wilgotnościowe	196
8.1.3. Bodźce mechaniczne	204
8.1.4. Zjawiska atmosferyczne	208
8.2. Warunki biotermiczne	215
8.2.1. Temperatura odczuwalna	215
8.2.2. Obciążenie cieplne organizmu	220
8.2.3. Stres termofizjologiczny	224
8.3. Warunki pogodowe w regionach bioklimatycznych Polski	229
8.3.1. Główne cechy warunków pogodowych	229
8.3.2. Przykłady kalendarzy przydatności pogody do rekreacji i turystyki	244
9. Zakończenie	259
Literatura	262
Bioclimatic principles of recreation and tourism (summary)	277
Wykaz symboli	280
Załącznik 1. Wskaźniki oceny pogody (<i>WEI</i>) dla różnych form aktywności człowieka	284

1. WSTĘP

Rekreacja i turystyka są bardzo ważnym składnikiem życia, zarówno poszczególnych osób, jak i różnych grup społecznych, gdyż zaspokajają one trzy istotne potrzeby człowieka: poznawania otaczającego nas świata, regeneracji organizmu i profilaktyki zdrowotnej. Dlatego też z roku na rok wzrasta liczba osób korzystających z różnych form spędzania wolnego czasu.

Mianem rekreacji określa się najczęściej wszelkie formy spędzania przez człowieka czasu wolnego. Mówiąc inaczej, rekreacja obejmuje te formy aktywności, które mają przynieść człowiekowi zadowolenie i odprężenie. Stąd też w historii ludzkości, w każdej kulturze istniał obyczaj rekreacji. Nie była ona obca żadnemu z zakonów chrześcijańskich, które sprowadziły ją – obok modlitwy i pracy – do codziennych obowiązków zakonników. Samo słowo rekreacja składa się z dwóch części re- i -kreacja. Przedrostek re- odnosi się do ponownego podejmowania jakiejś czynności, a -kreacja oznacza tworzenie czegoś. Re-kreacja jest więc niejako ponownym tworzeniem własnego organizmu, jego sił i sprawności psychofizycznej.

Mianem turystyki określa się natomiast praktykę podróżowania – zbiorowego lub indywidualnego – poza miejsce stałego zamieszkania oraz wędrówki po obcym terenie, w celach krajoznawczych lub rekreacyjnych.

Na możliwość korzystania z rekreacji i turystyki składa się wiele czynników, począwszy od kosztów, poprzez podstawową infrastrukturę, aż po odpowiednią organizację i logistykę. W przypadku tych form rekreacji i turystyki, które wiążą się z przebywaniem człowieka na wolnym powietrzu, należy uwzględnić kolejny czynnik – panujące warunki pogodowe. Można powiedzieć, że pogoda i klimat są zasobami naturalnymi wykorzystywanymi w rekreacji i turystyce. W bardzo wielu przypadkach czynnik pogody jest tym, co uniemożliwia przebywanie człowieka poza pomieszczeniami zamkniętymi. Z drugiej strony, niedostateczna wiedza o wpływie warunków biometeorologicznych na organizm człowieka sprawia, że nie potrafimy w dostateczny i należyty sposób wykorzystać wszystkich walorów otaczającego nas środowiska.

Badając problemy planowania rekreacji i ruchu turystycznego (proponowane regiony i okresy pobytu) niezbędna jest wiedza z zakresu bioklimatologii, polegająca na poznaniu typowych dla danego obszaru i okresu stanów atmosfery, obserwowanych w długim czasie (zgodnie z zaleceniami Światowej

Organizacji Meteorologicznej – WMO – okres ten powinien wynosić conajmniej 10 lat, a optymalnie – 30 lat). Bioklimat – a więc klimat rozpatrywany z perspektywy jego oddziaływania na organizmy żywe, w tym także człowieka – jest jedną z cech środowiska geograficznego danego obszaru. Bioklimat jest kształtowany przez globalne i regionalne czynniki radiacyjne oraz cyrkulacyjne, które na badanym obszarze ulegają modyfikacjom – niekiedy znacznym – spowodowanym przez lokalne czynniki środowiska geograficznego (np. rzeźbę terenu, szatę roślinną, rodzaj podłoża, stopień urbanizacji terenu).

W społeczeństwach krajów wysoko rozwiniętych dostrzega się wyraźny wzrost zainteresowania zagadnieniami bioklimatycznymi, nie tylko w odniesieniu do problemów naukowych, ale także z punktu widzenia konkretnych osób. Zainteresowaniom tym wychodzą naprzeciw programy badawcze i edukacyjne oraz coraz lepsza i pełniejsza informacja biometeorologiczna i bioklimatyczna. Niektóre informacje bioklimatyczne (np. o osłonecznieniu, temperaturze powietrza) są wykorzystywane w folderach turystycznych, choć najczęściej mówią one tylko o pozytywnych aspektach klimatu, skrzętnie pomijając wszelkie jego elementy, które stanowią ograniczenia dla rekreacji i turystyki. Niestety, przeglądając programy różnych szkół i uczelni polskich, zajmujących się kształceniem specjalistów z zakresu turystyki, można stwierdzić, że zasoby bioklimatyczne rekreacji i turystyki są bądź marginalizowane, bądź całkowicie pomijane.

Początek nowoczesnych badań bioklimatycznych, a więc dotyczących wpływu klimatu na organizmy żywe, sięga początków XX wieku, kiedy to zaczęły powstawać pierwsze przyrządy mające w sposób ilościowy scharakteryzować te zależności (katatermometr, frygorymetr) oraz pierwsze wzory empiryczne, mające charakter wskaźników bioklimatycznych (wielkość ochładzająca powietrza Hill'a, temperatura efektywna Missenard'a). W pierwszej połowie XX w. powstały także pierwsze bioklimatyczne typologie pogody. W Polsce prekursorami badań bioklimatycznych byli: J. Jankowiak, S. Tyczka, T. Kozłowska-Szczęsna i J. Bogucki. Ich prace odnosiły się głównie do potrzeb lecznictwa klimatycznego w uzdrowiskach, a w przypadku J. Boguckiego – do problemów biometeorologii sportu. Zastugą wspomnianych wyżej osób jest wprowadzenie do badań bioklimatycznych w Polsce licznych metod wypracowanych zagranicą. Metody te – choć nie informują o bezpośrednich reakcjach organizmu na bodźce zewnętrzne – są do dziś powszechnie stosowane w wielu opracowaniach dotyczących warunków bioklimatycznych różnych obszarów (Kozłowska-Szczęsna i in. 1997).

Nową jakość do badań relacji atmosfera-człowiek wniosły metody oparte na analizie bilansu cieplnego człowieka. W Polsce po raz pierwszy takie podejście zastosowali B. Krawczyk (1979) i J. Skrzypski (1989) w odniesieniu do bioklimatu uzdrowisk (Iwonicz, Krynica). Równoległe z ogólnymi, bioklimatycznymi modelami bilansu cieplnego człowieka, powstawały modele szczegółowe, uwzględniające realne warunki wymiany ciepła między człowiekiem a otoczeniem. Większość z nich ma niestety zastosowanie tylko do pomieszczeń zamkniętych, a tylko nieliczne (MENEX, Klima-Michel-Model) mogą być stosowane w terenie otwartym.

Publikacji o charakterze monografii bioklimatycznych odnoszących się do obszaru całej Polski jest stosunkowo niewiele. Jedną z pierwszych było wspólne opracowanie Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej w Warszawie i Instytutu Balneoklimatycznego w Poznaniu pt. „*Bioklimat polskich uzdrowisk*” (Jankowiak, Parczewski 1978). Opracowanie to zawiera charakterystykę bioklimatu 22 uzdrowisk. Wymienić należy także rozprawę K. Błażejczyka (1983) na temat bioklimatycznej oceny i typologii polskich uzdrowisk, a także studium bioklimatu uzdrowisk wraz z ich klasyfikacją (Kozłowska-Szczęśna 1984) oraz opracowania odnoszące się do zagadnień klimatoterapii w naszych uzdrowiskach (Błażejczyk 1985a) i wpływu opadów atmosferycznych na możliwość rekreacji i turystyki (Błażejczyk 1985b). W roku 1997 T. Kozłowska-Szczęśna, K. Błażejczyk i B. Krawczyk z Instytutu Geografii i Przestrzennego Zagospodarowania PAN opublikowali monografię pt. „*Bioklimatologia człowieka*”, w której omówili metody oceny warunków bioklimatycznych i scharakteryzowali rozkład niektórych wskaźników bioklimatycznych na obszarze Polski. Ten sam zespół autorów, uzupełniony o D. Limanówkę z IMGW w Krakowie, opublikował w roku 2002 nową, obszerną monografię wszystkich, działających w Polsce, 43 uzdrowisk („*Bioklimat uzdrowisk polskich*”). Publikacjami próbującymi w sposób kompleksowy scharakteryzować relacje pogoda-turystyka-rekreacja są także książki: H. Dubaniewicza, T. Nurek i A. Zawadzkiej (1988, 1989) oraz J. Boguckiego, S. Tyczki i A. Dąbrowskiej (Bogucki, red. 1999). Autorzy oparli się na tradycyjnych wskaźnikach biometeorologicznych. Brak w tych opracowaniach analizy przestrzennego i sezonowego różnicowania warunków bioklimatycznych w Polsce. Ciekawym opracowaniem jest także praca A. Krzymowskiej-Kostrowickiej (1999) pt. „*Geoekologia turystyki i wypoczynku*”, w której autorka zebrała informacje odnoszące się do wpływu różnych elementów środowiska przyrodniczego na warunki rekreacji. Niestety, w pracy tej dość fragmentarycznie potraktowane są bioklimatyczne uwarunkowania wypoczynku.

Istniejące opracowania przeglądowe dość dobrze oddają sezonowe i regionalne zróżnicowanie warunków bioklimatycznych w Polsce. Część zawartych w nich informacji może być także przydatna do określenia bioklimatyczno-rekreacyjnego potencjału różnych regionów Polski. Patrząc na zagadnienie „klimat-rekreacja” z perspektywy organizmu konkretnego człowieka można wskazać jedynie kilka pilotażowych prac wykonanych przez K. Błażejczyka (2000a, 2001b, 2002b).

Zagadnienia związane z wpływem klimatu i warunków pogodowych na możliwość i efektywność rekreacji i turystyki są przedmiotem zainteresowania międzynarodowych grup badawczych. W ramach Międzynarodowego Stowarzyszenia Biometeorologii (ISB) istnieje aktywna grupa badawcza „Klimat-rekreacja-turystyka” kierowana przez A. Matzarakisa z Freiburga (Niemcy) oraz C.R. de Freitas z Auckland (Nowa Zelandia). Tworzony jest Europejski Instytut Badawczy Relacji Klimat-Turystyka z siedzibą w Norwicz.

Prezentowana książka jest efektem wieloletnich doświadczeń autora związanych z badaniem wpływu warunków atmosferycznych – zarówno tych obserwowanych chwilowo, jak i analizowanych z perspektywy wieloletniej – na fizjologiczne reakcje organizmu oraz na kształtowanie warunków biotermicznych. Podsumowuje ona dotychczasowy stan wiedzy w tej dziedzinie i może służyć jako wprowadzenie do zagadnień związanych z badaniami relacji, jakie zachodzą pomiędzy warunkami klimatycznymi i bioklimatycznymi a rekreacją i turystyką.

Książka jest adresowana do szerokiego grona odbiorców. Naukowcom, nauczycielom akademickim i studentom dostarczy szczegółowych informacji o związkach zachodzących pomiędzy człowiekiem a środowiskiem atmosferycznym oraz o metodach badania tych związków. Organizatorom turystyki i wszystkim odpowiedzialnym za zapewnienie zdrowego i efektywnego wypoczynku książka dostarczy wiadomości o metodach służących do określenia warunków optymalnych, ale także sytuacji szkodliwych i niebezpiecznych dla zdrowia rekreantów i turystów. Metody te mogą być także wykorzystywane do oceny i optymalizacji warunków pracy w terenie otwartym. Z książki mogą także korzystać ci wszyscy, którzy chcą poznać funkcjonowanie mechanizmów fizjologicznych swego organizmu, związanych z przebywaniem w ciągle zmieniających się warunkach otoczenia. Ułatwi to im świadome wypoczywanie w terenie otwartym, bez narażania się na niepotrzebne stresy lub niebezpieczeństwa dla zdrowia i życia.

Z uwagi na interdyscyplinarny charakter badań książka składa się z kilku części.

W rozdziale drugim scharakteryzowano bodźce klimatyczne (fizyczne, chemiczne, biologiczne), z jakimi stykamy się przebywając w terenie otwartym oraz omówiono podstawowe, psychofizyczne reakcje człowieka na te bodźce.

Rozdział trzeci poświęcono szczegółowej prezentacji tych elementów meteorologicznych, które mają istotne znaczenie dla rekreacji i turystyki. Podano, jakie charakterystyki promieniowania słonecznego, temperatury i wilgotności powietrza oraz ruchu powietrza i ciśnienia atmosferycznego są najbardziej przydatne do oceny klimatycznych uwarunkowań rekreacji i turystyki. Zwrócono także uwagę na podstawowe zjawiska meteorologiczne wpływające na interesujące nas formy aktywności człowieka. Omówione zostały wyniki własnych szczegółowych badań eksperymentalnych, związanych z wpływem różnych elementów meteorologicznych na człowieka, jak również wyniki badań innych autorów, które mogą być wykorzystywane w ocenie przydatności warunków pogodowych do różnych form rekreacji i turystyki.

Należy pamiętać, że na człowieka oddziałuje zawsze cały zespół pogody (przez pogodę rozumiemy chwilowy stan atmosfery opisany wartościami elementów meteorologicznych), a nie pojedyncze jego elementy. Dlatego też w badaniach relacji człowiek-środowisko atmosferyczne stosuje się tzw. zespołowe wskaźniki biometeorologiczne oraz bioklimatyczne klasyfikacje pogody.

W rozdziale czwartym skoncentrowano się na sposobach oceny warunków biometeorologicznych i bioklimatycznych. Zaprezentowano w nim niektóre wskaźniki biometeorologiczne, mające największe znaczenie w badaniach naukowych oraz w działaniach praktycznych (informacja turystyczna, prognozy pogody). W badaniach porównawczych oraz w planowaniu kierunków ruchu turystycznego mogą być także przydatne wskaźniki bioklimatyczne, opierające się na wieloletnich danych meteorologicznych.

Wskaźniki biometeorologiczne, choć mają długą tradycję (niektóre są stosowane od około 100 lat) i spore znaczenie praktyczne nie dają jednak pełnych informacji o reakcjach fizjologicznych zachodzących w organizmie człowieka, wywołanych przebywaniem w terenie otwartym. Pełnym sposobem badania związków, jakie zachodzą pomiędzy organizmem a otoczeniem, jest analiza bilansu cieplnego człowieka. Zagadnieniu temu jest poświęcony rozdział piąty.

Kontynuacją szczegółowych rozważań gospodarki cieplnej organizmu człowieka jest rozdział szósty, w którym omówiono kompleksowy model wymiany ciepła pomiędzy człowiekiem a otoczeniem (MENEX_2002). Poza informacjami technicznymi, związanymi ze sposobem obliczania poszczególnych strumieni ciepła, zawiera on także propozycje różnych wskaźników biotermicznych charakteryzujących interakcje zachodzące pomiędzy atmosferą a człowiekiem. W przypadku wskaźników biotermicznych organizm jest nie tylko odbiorcą bodźców atmosferycznych lecz aktywnie kształtuje swą gospodarkę cieplną i odczucia cieplne.

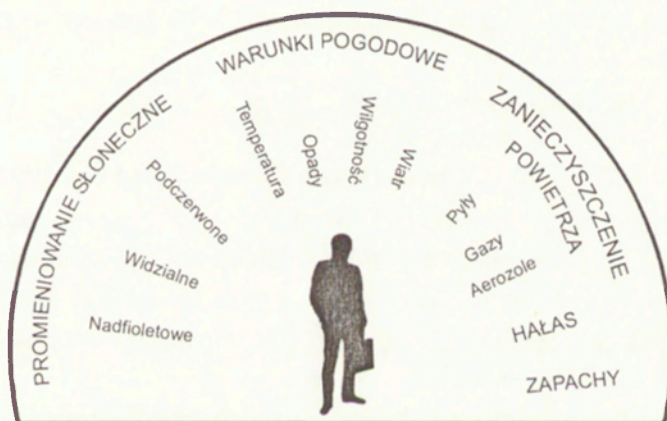
W rozdziale siódmym przedstawiono propozycję nowej, biotermiczno-meteorologicznej klasyfikacji stanów pogody. Uwzględnia ona podstawowe cechy biotermiczne konkretnych sytuacji pogodowych (odczucie cieplne, natężenie bodźców radiacyjnych oraz uczucia parności, rodzaj reakcji termoregulacyjnych organizmu), a także niektóre charakterystyki meteorologiczne (dobowa amplituda temperatury, opad, pokrywa śnieżna). Klasyfikacja jest dostosowana do istniejących, cyfrowych baz danych meteorologicznych. Poza samą charakterystyką warunków biotermiczno-meteorologicznych klasyfikacja proponuje sposób ich waloryzacji (oceny) z punktu widzenia różnych form rekreacji i turystyki.

Rozdział ósmy zawiera syntetyczną charakterystykę warunków bioklimatycznych Polski mając na uwadze ich przydatności do rekreacji i turystyki. Uwzględniono w niej zarówno cykliczność sezonową, jak i zróżnicowanie przestrzenne warunków bioklimatycznych.

Uzupełnieniem książki jest specjalny program komputerowy BioKlima©2.2, który pozwala na łatwe i szybkie zastosowanie wszystkich przedstawionych wskaźników biometeorologicznych i biotermicznych oraz charakterystyk stanów pogody. Dzięki temu zarówno praca badawcza, jak i tworzenie informacji oraz ofert dla rekreantów i turystów stanie się łatwa i efektywna. Program jest dostępny na stronie www.igipz.pan.pl/klimat/blaz/bioklima.htm.

2. BODŹCE KLIMATYCZNE

Na organizm człowieka oddziałuje w sposób nieprzerwany – jednakże z różnym natężeniem, które zmienia się w czasie i przestrzeni – całe **środowisko atmosferyczne**. Oprócz podstawowych elementów meteorologicznych takich jak: promieniowanie słoneczne i usłonecznienie, temperatura i wilgotność powietrza, ciśnienie atmosferyczne oraz ruch powietrza i opady, uwzględnia się także zanieczyszczenia pyłowe i gazowe powietrza, jonizację powietrza, natężenie pól elektromagnetycznych, zawartość pierwiastków śladowych (w tym także radioaktywnych) w powietrzu, hałas, wibracje oraz zapachy itp. (ryc. 1).



Ryc. 1. Człowiek i środowisko atmosferyczne (WMO – No 892)

Man in the atmospheric environment (WMO – No 892)

Pod ich wpływem zachodzą w organizmie człowieka zmiany czynnościowe, metaboliczne i morfologiczne, zwłaszcza wtedy, gdy mamy do czynienia z bodźcami o silnych natężeniach, które przekraczają zdolność organizmu do zachowania równowagi psychofizycznej. Zachowanie tej równowagi utrzymuje się dzięki odpowiedniej kondycji i regulacji procesów fizjologicznych. Różnorakie formy aktywności rekreacyjnej w terenie otwartym są nie do przecenienia w zachowaniu i poprawianiu kondycji organizmu oraz w usprawnieniu procesów fizjologicznych.

Ocena stopnia bodźcowości klimatu opiera się na skrajnych (minimalnych i maksymalnych) wartościach podstawowych elementów meteorologicznych oraz ich zespołów. Ilustrują one zakres zmian na jakie organizm ludzki musi być w danym środowisku przygotowany. **Intensywność bodźców** określa się na podstawie ich natężenia lub długości ich trwania. **Dynamikę bodźcowości klimatu** ocenia się natomiast biorąc pod uwagę zmienność różnych stanów atmosfery (opisaną na przykład poprzez typy pogody). Duże znaczenie przywiązuje się do zmian krótkookresowych, zachodzących w ciągu kilku godzin lub z dnia na dzień. Zmusza to bowiem organizm do uaktywnienia intensywnych procesów dostosowawczych (adaptacyjnych). Działanie poszczególnych bodźców może być zwiększone, między innymi przez ich współdziałanie (synergizm). Wówczas nawet mało znaczący i słaby bodziec wzmacnia efekt działania innych bodźców.

W badaniach z zakresu biometeorologii i bioklimatologii człowieka rozpatruje się, w jaki sposób różnorodne bodźce atmosferyczne oddziałują na organizm przez skórę, drogi oddechowe, układ nerwowy oraz narządy: węchu, smaku, słuchu, dotyku i wzroku. Bodźce te można ująć w trzy podstawowe zespoły, a mianowicie:

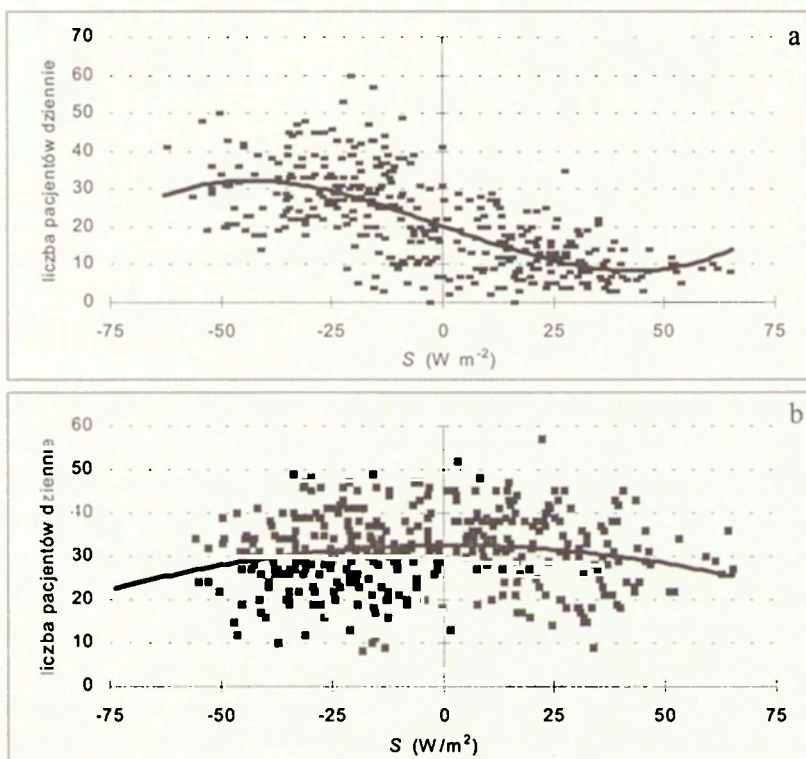
- zespół bodźców fizycznych,
- zespół bodźców chemicznych,
- zespół bodźców biologicznych (Kozłowska-Szczęsna i in. 1997).

Opierając się na badaniach G. Flemminga (1983) można stwierdzić, że zależnie od swej intensywności bodźce atmosferyczne docierające do człowieka wywołują w organizmie różnorodne reakcje fizjologiczne. Mogą one:

- w przypadku bodźców słabych – powodować utratę przystosowania lub wydelikacenie organizmu,
- w przypadku bodźców umiarkowanych – działać pobudzająco i hartująco (co sprzyja podwyższaniu kondycji i odporności organizmu), a także leczniczo,
- w przypadku bodźców silnych – powodować obciążenie lub przeciążenie organizmu, prowadzące niekiedy do pogorszenia kondycji i odporności, a nawet do powstawania stanów chorobowych.

Jako przykłady oddziaływania silnych bodźców na zdrowie człowieka mogą posłużyć studia T. Kozłowskiej-Szczęsnej i E. Grzędzińskiego (1991) poświęcone wpływowi warunków pogodowych na wypadki przy pracy u robotników budowlanych. Autorzy stwierdzili wyraźne zwiększenie liczby wypadków podczas niekorzystnych sytuacji pogodowymi (opady, mgły, fronty atmosferyczne). W badaniach wpływu warunków meteorologicznych na

zachorowalność mieszkańców Grochowa, jednej z dzielnic Warszawy (Błażejczyk i in. 1998b, 2000a), zaobserwowano wyraźne zależności pomiędzy wartościami niektórych elementów meteorologicznych a pojawianiem się objawów chorobowych wśród pacjentów jednej z przychodni rejonowych. Liczba niedomagań układu oddechowego i układu krążenia zmieniała się wraz ze zmianami ciśnienia atmosferycznego i dobowej amplitudy temperatury powietrza, a zwłaszcza ze zmianami salda wymiany ciepła pomiędzy człowiekiem a otoczeniem (czyli różnicy pomiędzy całkowitymi przychodami i ogólnymi stratami ciepła z organizmu) (ryc. 2).

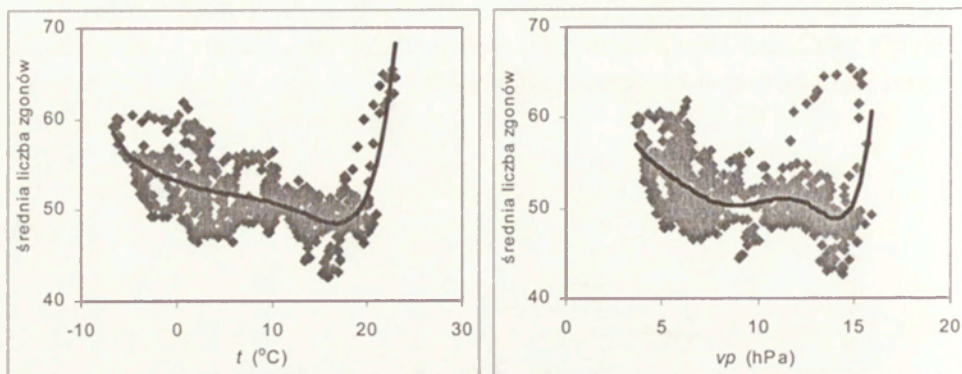


Ryc. 2. Związek pomiędzy dzienną liczbą zachorowań na choroby układu oddechowego (a) i choroby układu krążenia (b) a saldem wymiany ciepła pomiędzy człowiekiem a otoczeniem (S) (Błażejczyk i in. 2000a)

Relationships between daily number of subjects suffered respiratory (a) as well as circulatory (b) diseases and net heat storage in man (S)

Kolejną ilustracją wpływu pogody na człowieka są badania A. Matzarakisa i H. Mayera (1991) oraz K. Błażejczyka (2000a) dotyczące negatywnego wpływu fal ciepła (czyli ciągów dni o wyraźnie podwyższonej tempera-

turze powietrza – w stosunku do wartości typowych dla danego rejonu i okresu) na organizm człowieka. Do podobnych wniosków doszła M. Kuchcik (2000, 2001) badając związki pomiędzy warunkami biometeorologicznymi a umieralnością mieszkańców Warszawy. Szczególnie niebezpieczne dla człowieka są ekstremalne warunki termiczne, zarówno fale gorąca, jak i fale zimna (ryc. 3).



Ryc. 3. Związek pomiędzy dzienną liczbą zgonów mieszkańców Warszawy a temperaturą powietrza (t) i ciśnieniem pary wodnej (vp) (Kuchcik, Błażejczyk 2001) Relationships between daily number of deaths in Warsaw and air temperature (t) and vapour pressure (vp)

Granice pomiędzy poszczególnymi typami bodźców są zmienne i trudne do uchwycenia. Reakcje organizmu zależą bowiem od wieku, stanu zdrowia, wrażliwości fizycznej i psychicznej człowieka itp. Dlatego też bodziec odczuwany jako silny przez dzieci lub osoby starsze, bywa odczuwany jako słaby przez osoby zdrowe, młode i w wieku średnim. Tak więc podawane niekiedy natężenia bodźców meteorologicznych odnoszą się przeważnie do dominującej części populacji i mogą być przez poszczególne osoby odczuwane w sposób odmienny od przeciętnego. Klimat wyróżniający się częstym występowaniem silnych bodźców nazywamy klimatem bodźcowym, a klimat charakteryzujący się dominacją bodźców słabych – klimatem oszczędzającym.

Na przestrzenne i czasowe zróżnicowanie bodźców atmosferycznych wpływają – poza czynnikami klimatycznymi (np. radiacyjnymi, cyrkulacyjnymi) – takie czynniki geograficzne jak: rzeźba terenu, rodzaj podłoża, szata roślinna, stosunki wodne i użytkowanie terenu. Dzięki nim bodźcowość klimatu zmienia się zarówno w czasie jak i w przestrzeni, nawet na niewielkim obszarze. Zmienność bodźcowości klimatu jest cechą pozytywną (jeśli chodzi o wykorzystanie klimatu w rekreacji), gdyż pozwala na dozowanie bodźców w zależności od indywidualnych wymagań różnych grup osób.

W świetle powyższego stwierdzenia bardzo ważne są nawet krótkotrwałe wyjazdy poza stałe miejsce zamieszkania. Zmiana klimatu związana ze zmianą miejsca pobytu może bowiem działać na organizm człowieka pobudzająco oraz obciążająco. Okres przystosowywania się (aklimatyzacji) do nowych warunków zależy od stopnia bodźcowości klimatu, od kontrastowości nowych warunków klimatycznych w porównaniu z miejscem zamieszkania, jak również od wieku i stanu zdrowia oraz wrażliwości osobniczej. W coraz częstszych przypadkach podróży do odległych miejsc globu należy także pamiętać o konieczności dostosowania się organizmu do odmiennej strefy czasowej i do związanego z tym nowego rytmu dobowego.

2.1. ZESPÓŁ BODŹCÓW FIZYCZNYCH

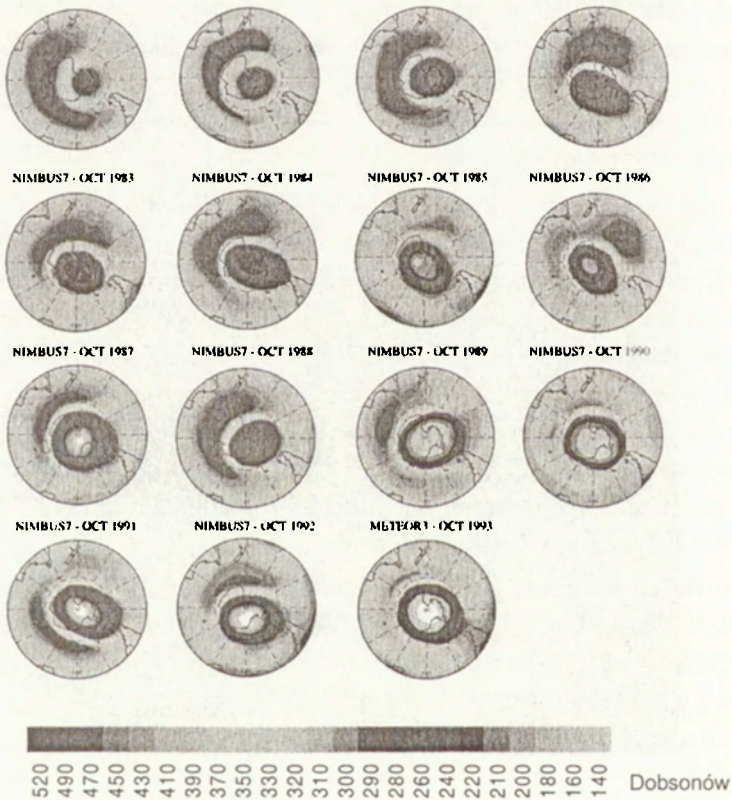
2.1.1. BODŹCE RADIACYJNE

W grupie bodźców fizycznych ważną rolę odgrywa promieniowanie słoneczne. Natężenie energii promieniowania zależy od wysokości Słońca nad horyzontem, od wyniesienia nad poziom morza, od stopnia zachmurzenia nieba i zmętnienia atmosfery. Wskutek tego promieniowanie dochodzące do powierzchni Ziemi podlega znacznym zmianom, zarówno w ciągu dnia, jak i w ciągu roku (porównaj rozdz. 3.1)

Promieniowanie słoneczne stymuluje procesy fizjologiczne zachodzące w organizmie, co jest odpowiedzią całego organizmu na ten bodziec (Błażejczyk 1995; Kozłowska-Szczęсна, Błażejczyk 1998). Intensywne działanie promieniowania słonecznego obejmuje skórę, narządy wewnętrzne, a także układ nerwowy. N. Daniłowa (1988) podaje, że ekspozycja organizmu na promieniowanie słoneczne powoduje: wzmożenie przemiany materii, pobudzenie czynności krwiotwórczej, zwiększenie odporności organizmu na zakażenie, wywołanie zmian czynnościowych układu nerwowego, pobudzenie gruczołów wydzielania wewnętrznego i gruczołów potowych. Ma ono także działanie odczuwające i przeciwkrzywiczne.

Nadfioletowa część promieniowania słonecznego, a przede wszystkim UV-B (0,281-0,315 μm) i UV-A (0,316-0,400 μm), jest najbardziej aktywna biologicznie, w tych przedziałach bowiem koncentruje się najistotniejsze oddziaływanie promieni ultrafioletowych na organizm człowieka, głównie bakteriobójcze i hartujące. Pobudza ono także czynności krwiotwórcze, zwiększa odporność organizmu na zakażenia, wywołuje zmiany czynnościowe układu nerwowego, pobudza gruczoły wydzielania wewnętrznego oraz działa odczuwająco. Ponadto w naświetlanej nadfioletem skórze tworzy się substancja

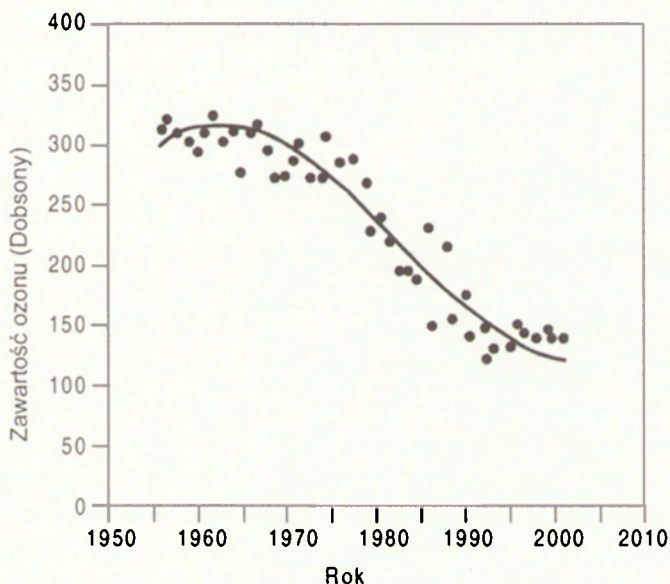
wywołująca rumień słoneczny i pigmentację skóry oraz wytwarza się w niej witamina D₃, przez co promieniowanie UV ma działanie przeciwrzywiaczne. Zbyt wielkie dawki promieniowania UV mogą natomiast powodować ujemne skutki w postaci oparzeń i gorączki, przyspieszonego starzenia się skóry, a także zaburzeń immunologicznych prowadzących między innymi do rozwoju nowotworów skóry i oczu. W USA około 90% rozpoznanych nowotworów skóry wynika z nadmiernego opalania (Lityńska i in. 2001; Nurkowska 1997). Obserwowane od roku 1975 zmniejszanie się warstwy ozonowej, zwłaszcza w wysokich szerokościach geograficznych sprawia, że do powierzchni Ziemi dociera nadfiolet daleki (UV-C – 0,2–0,28 μm) (ryc. 4). Największe nasilenie i rozmiar dziury ozonowej obserwuje się na przełomie zimy i wiosny, kiedy to ma miejsce największe wychłodzenie górnych warstw atmosfery.



Ryc. 4. Zmiany „dziury ozonowej” nad Antarktydą w latach 1983–1993 (WMO-No 819)

Changes in ozone depletion over Antarctica, 1983–1993 (WMO-No 819)

Począwszy od ostatnich lat XX wieku obserwuje się stopniowe wyhamowanie tempa powiększania się dziury ozonowej (ryc. 5). Niemniej w dalszym ciągu ubocznym skutkiem tego zjawiska jest wyraźny wzrost zachorowań na raka i inne choroby skóry, obserwowany zwłaszcza w południowych częściach Australii, Afryki i Ameryki Płd. Na półkuli północnej zmniejszanie się warstwy ozonowej w stratosferze zaznacza się słabiej niż w rejonie Antarktydy (Kožuchowski 1998). Powiększanie się dziury ozonowej stało się wyzwaniem nie tylko dla polityków, którzy na licznych konferencjach klimatycznych (Rio de Janeiro, Montreal, Kyoto, Johannesburg) usiłują stworzyć mechanizmy polityczne i gospodarcze sprzyjające zahamowaniu tego procesu, ale także dla naukowców, którzy badają procesy prowadzące do zmniejszania się ilości ozonu stratosferycznego i monitorują stan zjawiska oraz lekarzy usuwających jego negatywne skutki w organizmie. Problemy związane z ozonem stratosferycznym zostaną przedstawione w rozdziale 2.2, a zagadnienia dotyczące szkodliwego działaniem promieniowania nadfioletowego na organizm – w rozdziale 3.1.1.



Ryc. 5. Ogólna zawartość ozonu stratosferycznego na półkuli południowej w latach 1955–2002 (www.antarctica.ac.uk/met/jds/ozone/images/zmeanocct.jpg)

Stratospheric ozone volume at southern hemisphere, 1955–2002 (www.antarctica.ac.uk/met/jds/ozone/images/zmeanocct.jpg)

Widzialna część promieniowania słonecznego (0,401–0,760 μm) działa przede wszystkim na światłoczułe komórki oka, a co za tym idzie, na odbieranie wrażeń wizualnych (optyczno-psychicznych) oraz pośrednio na aktywność procesów biologicznych organizmu.

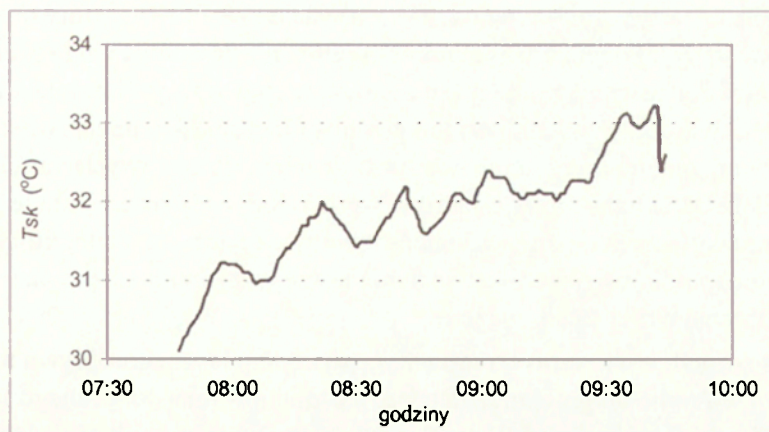
Promieniowanie podczerwone (0,761–4,0 μm) ma właściwości cieplne (jest w znacznej części pochłaniane przez odzież i powierzchnię ciała). Ciepło uzyskane tą drogą przez człowieka przyspiesza reakcje chemiczne organizmu (wzrost przemiany materii, zwiększenie zapotrzebowania na tlen), a ponadto ma właściwości łagodzenia bólu różnego pochodzenia (bóle reumatyczne, pourazowe, kości i stawów, z odmrożeń itp.) oraz ułatwia zachowanie równowagi cieplnej organizmu (homeotermii).

2.1.2. BODŹCE TERMICZNO-WILGOTNOŚCIOWE

Bodźce termiczno-wilgotnościowe oddziałują na receptory ciepła i zimna rozmieszczone w skórze człowieka. Zależnie od intensywności bodźca może mieć on dla organizmu znaczenie hartujące lub oszczędzające (Mączyński 1978).

Organizm człowieka ma duże zdolności dostosowawcze swoich procesów fizjologicznych do termicznych warunków otoczenia. Podstawowymi reakcjami fizjologicznymi na „zimne” warunki otoczenia są obniżenie temperatury skóry oraz zmniejszenie peryferycznego przepływu krwi (przepływu krwi w obrębie skóry). Pierwsza z tych reakcji jest bezpośrednią odpowiedzią organizmu na bodziec zimna, a jego bezpośrednim efektem – zwiększenie się termoizolacyjnych właściwości tkanki skórnej, co zmniejsza tempo oddawania ciepła z wnętrza ciała do otoczenia i zabezpiecza w pewnym stopniu przed jego wychłodzeniem (Blanc 1975; Clark, Edholm 1985; Holmér 1988, ISO/DC 11079). Zredukowaniu tempa oddawania ciepła do otoczenia służy także zmniejszenie przepływu krwi w obrębie skóry. Niestety, efektem ubocznym tego procesu jest znaczny wzrost ciśnienia krwi, który w skrajnych sytuacjach może być niebezpieczny dla zdrowia. Dodatkowym fizjologicznym procesem dostosowawczym organizmu do zimnego otoczenia jest drżenie mięśniowe, którego jednym z przejawów jest powstawanie tzw. „gęsiej skóry”. Fizjologiczne mechanizmy obrony przed zimnem są wspomagane przez odpowiednią odzież, dietę i zachowanie (ruch). Niemniej nie zawsze działania te są wystarczające i straty ciepła są większe niż wytwarzanie ciepła przez organizm, co prowadzi do stopniowego jego wychładzania się.

Podczas obciążenia cieplnego organizmu następuje rozszerzenie naczyń krwionośnych i wzrost peryferycznego (skórnego) przepływu krwi – przy jednoczesnym obniżeniu ciśnienia tętniczego i zwiększeniu tętna. Podwyższeniu ulega temperatura skóry, czego bezpośrednim skutkiem jest uaktywnienie gruczołów potowych. Parujący pot obniża natomiast temperaturę skóry zwiększając w ten sposób różnicę temperatury pomiędzy wnętrzem ciała a jego powłoką (Beaumont, Bullard 1965; Elizondo, Bullard 1971; Garden i in. 1966;



Ryc. 6. Cykliczne zmiany temperatury skóry człowieka (T_{sk}) podczas wysokiej temperatury powietrza i ekspozycji na działanie promieniowania słonecznego, 14 lipca 1996 r., Borowa Góra

Periodic changes in skin temperature (T_{sk}) during high air temperature and intensive insolation, 14 July 1996, Borowa Góra

Givoni, Belding 1965; Givoni, Goldman 1973; Kaciuba-Uściłko 1990; Kenney 1985; Kozłowski 1986; Narewski 1980; Rewerski i in. 1972). Fazy nagrzewania się suchej powierzchni ciała, wydzielania potu i obniżania się temperatury skóry w wyniku jego parowania następują cyklicznie, w przybliżeniu co 20 minut (ryc. 6). Zjawisko to nasila się wyraźnie wtedy, gdy człowiek znajduje się w ruchu lub wykonuje jakąś pracę fizyczną (Błażejczyk 1998a; Malchaire 1991).

Innymi psychofizycznymi reakcjami organizmu na wysoką temperaturę otoczenia są: złe samopoczucie, zmniejszenie wydolności fizycznej i psychicznej oraz przyspieszenie oddechu. Reakcje człowieka na wysoką temperaturę uzależnione są również od wilgotności powietrza. Gdy powietrze jest suche pot paruje i usuwa nadmiar ciepła z organizmu. Przy dużej wilgotności otoczenia parowanie potu jest utrudnione i pojawia się uczucie parności, szczególnie uciążliwe dla osób z chorobami układów oddechowego i krążenia.

Wszystkie zasygnalizowane wyżej termoregulacyjne zmiany fizjologiczne mają prowadzić do zachowania na stałym poziomie temperatury wewnętrznej człowieka, która wynosi około 37°C. Efektywność działania przedstawionych wyżej procesów jest dodatkowo wspomagana przez takie mechanizmy termoregulacji jak: przemiana materii (poprzez aktywność fizyczną i dietę), ograniczenie strat ciepła (poprzez ubiór), hartowanie (w wyniku treningu układu termoregulacyjnego). Zagadnienia z tym związane zostaną omówiono bardziej szczegółowo w rozdziale 3.

Wahania temperatury powietrza w zakresie od 18 do 23°C, który to zakres jest określany jako **warunki termoneutralne**, nie powodują większych problemów z zachowaniem stałej temperatury wewnętrznej. Natomiast nawet niewielkie i krótkotrwałe zmiany temperatury otoczenia powodują zwiększony wysiłek organizmu (związany z dostosowywaniem się do nowych warunków), a warunki takie nazywamy obciążającymi. Wtedy, gdy obciążenia te nie są zbyt intensywne, mają one ważne znaczenie hartujące organizm, który staje się przez to odporniejszy i jest w stanie łatwiej i szybciej adaptować się do coraz intensywniejszych bodźców.

Odczuwalne warunki termiczne są wynikiem łącznego wpływu temperatury i wilgotności powietrza, a także promieniowania słonecznego i prędkości wiatru na człowieka. Wiatr współdziała w kształtowaniu się odczuwalnych warunków termicznych przez przyspieszenie oddawania ciepła jawnego i utajonego (parowanie). Silny wiatr zwiększa uciążliwość pogody mroźnej w zimie i łagodzi odczucie ciepła w gorące dni letnie. W praktyce rekreacyjnej i turystycznej ważne pod tym względem są wiatry typu fenowego (w polskich Karpatach nazywane wiatrem halnym), które wprawdzie przynoszą wzrost temperatury powietrza i jego suchości, ale także wywołują nagłe zmiany ciśnienia atmosferycznego, przez co stają się bodźcem oddziałującym niekorzystnie na samopoczucie człowieka (Przybysz 1994). Należy również pamiętać o hartującym znaczeniu wiatrów bryzowych, które na brzegach morza i większych zbiorników wodnych przynoszą w ciągu dnia nad ląd chłodne i wilgotne powietrze.

Intensywność bodźców termiczno-wilgotnościowych określa się stosując zespołowe wskaźniki biometeorologiczne, jak też analizując wymianę ciepła między człowiekiem a środowiskiem atmosferycznym. Zagadnienia te zostaną omówione w rozdziałach 4, 5 i 6.

2.1.3. BODŹCE MECHANICZNE

Atmosferyczne bodźce mechaniczne związane są z dwoma elementami meteorologicznymi: ruchem powietrza i ciśnieniem atmosferycznym. W przypadku wiatru jego działanie mechaniczne ma dwojaki charakter. Z jednej strony działa on korzystnie na organizm, wykonując swoisty mikromasaż obnażonej powierzchni ciała i usprawniając w ten sposób mechanizmy termoregulacji. Z drugiej jednak strony silny ruch powietrza może utrudniać oddychanie, a nawet uniemożliwić poruszanie się człowieka. Ponadto silny wiatr zmniejsza zdolność do wysiłku, powoduje niepokój i zaburza sen. W południowych Niemczech silny wiatr fenowy jest traktowany jako okoliczność

łagodzącą w przypadku spowodowania wypadku drogowego. Silne wiatry są także przyczyną wzrostu agresywności (Sulman 1982) oraz nasilenia zaburzeń psychicznych (Przybysz 1994). Nieprzyjemne dla człowieka są pulsacje wiatru (przy jego dużych prędkościach) występujące łącznie z nagłymi zmianami ciśnienia (np. przy wietrze hałnym).

Pyły przenoszone przez wiatr działają w sposób mechaniczny na odsłonięte części ciała: ranią oczy, drażnią śluzówki jamy ustnej i dróg oddechowych. W zapyłonym powietrzu zwiększa się ilość bakterii chorobotwórczych. Szkodliwe działanie pyłu zależy od jego ilości, rodzaju oraz wielkości cząstek. Szkodliwość ta wzrasta wraz z rozdrobnieniem cząstek pylistych. Pyły o średnicy 5–10 μm zatrzymują się w lejkach oskrzelowych, o średnicy 1–5 μm docierają do wnętrza górnych dróg oddechowych, a pyły o średnicy poniżej 1 μm docierają aż do pęcherzyków płucnych. W wielu przypadkach mamy także do czynienia z alergicznym działaniem różnego rodzaju pyłów.

Z kolei okresowe wzrosty i obniżanie się ciśnienia atmosferycznego powodują rozprężanie i sprężanie powietrza w uchu środkowym, przez co błony bębenkowe ulegają odkształceniu. Jest to odczuwane jako ucisk, klucie, dzwonięcie w uszach. Niekiedy obserwuje się nawet przejściowe osłabienie słuchu (Jankowiak 1976).

2.1.4. BODŹCE ELEKTRYCZNE

Pod pojęciem elektryczności atmosferycznej rozumiemy: pole elektryczne atmosfery, jonizację, przewodnictwo elektryczne, prądy elektryczne w atmosferze, ładunki elektryczne chmur i opadów oraz elektryczność burzową (Kiełczewski, Bogucki 1972). Przystępując do prezentacji bodźców elektrycznych trzeba dodać, że zarówno mechanizmy, jak i skutki działania bodźców elektrycznych na organizm człowieka są, jak dotychczas, dość słabo poznane.

Powierzchnia Ziemi jest naładowana ujemnie; dodatnio naładowane są natomiast górne warstwy atmosfery. Między nimi istnieje pole elektryczne, którego napięcie przy powierzchni Ziemi wynosi około $120 \text{ V} \cdot \text{m}^{-1}$. Pole elektryczne zmienia się (pod względem wartości i znaku) w szerokich granicach, zwłaszcza podczas wyładowań elektrycznych w czasie burz. Zachodzą wtedy szybkie zmiany pola, co bywa przyczyną złego samopoczucia niektórych osób.

Jonizacja powietrza jest wynikiem występowania w powietrzu, obok elektrycznie obojętnych atomów i cząstek gazów, także atomów, cząsteczek i aerozolu z dodatnim lub ujemnym ładunkiem elektrycznym, czyli jonów. Ilość jonów w powietrzu zależy od wielu czynników, między innymi: promienio-

wania kosmicznego, promieniowania radioaktywnego (emitowanego przez różne pierwiastki śladowe występujące zarówno w naturze, jak i w obiektach wybudowanych przez człowieka), zmian aktywności Słońca, wyładowań elektrycznych, wysokiej temperatury (termojonizacja), mechanicznego rozpylania wody (hydrojonizacja), warunków meteorologicznych, a także zanieczyszczenia powietrza. Działanie biologiczne jonizacji polega na tym, że ładunek elektryczny ułatwia przenikanie mikroskopijnych cząstek gazów i aerozoli do górnych dróg oddechowych człowieka. W przypadku powietrza zanieczyszczonego zwiększa się więc jego działanie toksyczne (Jankowiak 1976).

Duża koncentracja jonów ujemnych obserwowana jest w pobliżu strumieni górskich, wodospadów jak też nad brzegiem mórz i jezior, a ich obecność w powietrzu wywołuje odczucie jego świeżości. Dlatego też spacerowanie brzegiem morza lub jeziora sprzyja – pomimo większego narażenia na chłodne bodźce termiczne – dobremu samopoczuciu. W efekcie długotrwałego uprawiania tej formy rekreacji możemy liczyć na poprawę naszej sprawności i odporności psychofizycznej.

Niekorzystnie na układy nerwowy i krążenia człowieka wpływają natomiast jony dodatnie. Na przykład wiele osób czuje się źle podczas wiatru halnego w górach, który niezależnie od zmian ciśnienia, temperatury i wilgotności charakteryzuje się przewagą w powietrzu jonów dodatnich (Tyczka 1969).

2.1.5. BODŹCE AKUSTYCZNE

Bodźce akustyczne oddziałują przede wszystkim na narząd słuchu. Choć nie są one zaliczane do żadnego z elementów meteorologicznych to jednak z uwagi na ich uciążliwość dla człowieka są uwzględniane w opracowaniach z zakresu bioklimatologii. Obserwuje się wyraźny związek natężenia bodźców akustycznych z warunkami pogodowymi. Natężenie hałasu nasila się w sposób znaczący wraz ze wzrostem prędkości wiatru i wilgotności powietrza (Błażejczyk, Lipska 1980).

Wtedy, gdy dźwięk ma zbyt wysoki poziom lub jest niepożądany, odczuwamy go jako hałas. Jego szkodliwość zależy od amplitudy i częstotliwości fal akustycznych, czasu działania i charakteru zmian w czasie. Długotrwały hałas działa uciążliwie na układ nerwowy, powodując rozdrażnienie i bezsenność oraz uczucie zmęczenia i bóle głowy. W skrajnych przypadkach może prowadzić do osłabienia słuchu. Hałas o szczególnie silnym natężeniu może

nawet spowodować trwałe uszkodzenie błony bębenkowej i utratę słuchu (Kalinowski 1969).

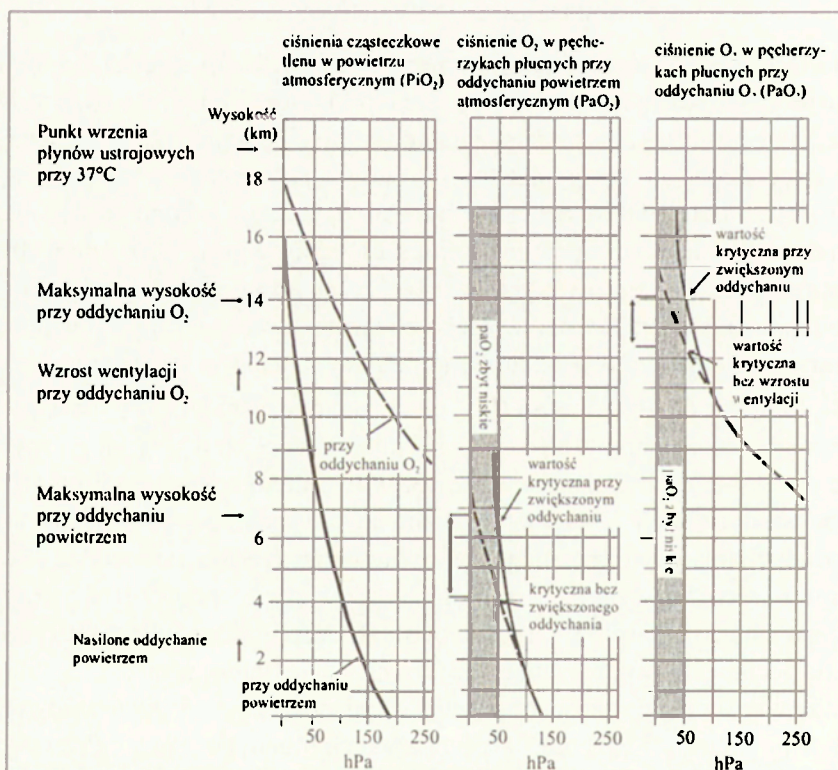
Przenoszenie dźwięku w atmosferze zależy w dużym stopniu od warunków meteorologicznych. Rozchodzeniu się hałasu sprzyja wzrost wilgotności powietrza oraz prędkości wiatru, natomiast pokrywa śnieżna tłumi hałas. Skojarzone z wiatrem są niektóre wrażenia akustyczne i wizualne, jak np. falowanie i szum morza, szum drzew itp., które mogą być nieprzyjemne nawet dla człowieka zupełnie zdrowego. Badania prowadzone w jednej z miejscowości nadmorskich (Dźwirzyno) wskazują, że hałas powodowany przez ruch samochodowy w centrum miejscowości oraz hałas wywoływany przez intensywne falowanie morza osiąga podobne natężenie, sięgające 80–90 dB (Błażejczyk, Lipska 1980). Innym źródłem nieprzyjemnego i rozdrażniającego dźwięku, który jest związany ze zjawiskami meteorologicznymi, są wyładowania elektryczne podczas burzy.

2.2. ZESPÓŁ BODŹCÓW CHEMICZNYCH

Bodźce te wiążą się z oddziaływaniem na człowieka różnych składników atmosfery. Rozpatruje się tu zarówno składniki, które budują atmosferę globalną, jak i domieszki pochodzenia naturalnego (nieorganiczne i organiczne) oraz sztucznego (antropogeniczne). Do stałych składników występujących w powietrzu należą: tlen, azot, dwutlenek węgla i para wodna oraz wodór, ozon i gazy szlachetne. Spośród domieszek trzeba wymienić z jednej strony zanieczyszczenia (gazowe, pyłowe i aerozole), z drugiej natomiast – różnego rodzaju substancje (aerozole, olejki eteryczne), wzbogacające powietrze w cenne mikroskładniki o działaniu tonizującym, a nawet leczniczym.

Biologiczne działanie tlenu (O_2) zależy od jego ciśnienia cząsteczkowego. Przyjmując, że stanowi on około 21% mieszaniny gazów atmosferycznych to na poziomie morza ciśnienie cząsteczkowe tlenu w suchym powietrzu wynosi średnio 211,7 hPa (przy ciśnieniu atmosferycznym 1013 hPa). Podczas oddychania powietrze ulega całkowitemu wysyceniu parą wodną (o ciśnieniu cząsteczkowym 62,7 hPa), a ciśnienie cząsteczkowe tlenu (PiO_2) zmniejsza się do około 198,7 hPa (Silbernagl, Despopoulos 1994). Tlen przenika do pęcherzyków płucnych, gdzie jego ciśnienie (PaO_2) wynosi 133,3 hPa. Wraz ze wzrostem wysokości obserwuje się spadek ciśnienia cząsteczkowego tlenu w powietrzu (PiO_2) oraz w pęcherzykach płucnych (PaO_2). Początkowo działa to pobudzająco na organizm ludzki, który musi kompensować zmniejszającą się ilość tlenu zwiększeniem przepływu krwi. Gdy wartość PaO_2 spadnie poniżej wartości krytycznej, wynoszącej około 47 hPa dochodzi do zaburzeń funkcji mózgu wskutek hipoksji (niedotlenienia). Przy normalnej

intensywności oddychania wartość tę osiąga się na wysokości około 4 000 m n.p.m. Organizm usiłuje wyrównać niedostatek tlenu poprzez zintensyfikowanie oddychania. Przy dwukrotnym zwiększeniu intensywności wentylacji płuc powietrzem atmosferycznym wartość krytyczna PaO_2 pojawia się na wysokość około 7 000 m n.p.m, przy wzroście trzykrotnym – na wysokości 8 000 m n.p.m. Należy pamiętać, że zwiększenie intensywności oddychania bardzo obciąża organizm człowieka, stąd też tylko nieliczni, zdrowi, najbardziej sprawni fizycznie ludzie mogą bez aparatów tlenowych uprawiać wspinaczkę na wysokości ponad 7 000 m n.p.m. Podczas oddychania czystym tlenem (z butli) wartość krytyczna PaO_2 pojawia się dopiero na wysokości 12 500 m n.p.m. (ryc. 7). Wspomniana wyżej prawidłowość jest jedną z przyczyn maksymalnego pułapu samolotów pasażerskich; w przypadku dekompresji kabiny na wysokości 10 000–12 000 m n.p.m. zastosowanie masek tlenowych zwiększa możliwość przeżycia załogi i pasażerów.



Ryc. 7. Zmiany ciśnienia cząsteczkowego tlenu w powietrzu PiO_2 i w pęcherzykach płucnych PaO_2 wraz ze wzrostem wysokości nad poziom morza (Silbernagl, Despopoulos 1994)

Changes in partial pressure of oxygen in the air PiO_2 and in the lungs PaO_2 due to increase of altitude (Silbernagl, Despopoulos 1994)

Poza wysokością nad poziomem morza zmiany ciśnienia cząsteczkowego O_2 są także uzależnione od czynników meteorologicznych. Zmniejszenie ciśnienia cząsteczkowego tlenu w powietrzu wzrasta wraz ze wzrostem temperatury i wilgotności powietrza (Flemming 1983; Jankowiak 1976; Skrzypski 1978).

Ozon (O_3), który jest trzyatomową formą tlenu, ma podstawowe znaczenie dla istnienia życia na Ziemi. Zatrzymuje on bowiem skrajną część promieniowania nadfioletowego (UV-C), która uszkadza wnętrza komórek organizmów żywych. Dlatego tak ważna jest obecność ozonu w stratosferze (porównaj rozdział 2.1.1). Ogólna zawartość ozonu stratosferycznego zależy od pionowego mieszania się powietrza (turbulencji), od rodzaju i pochodzenia mas powietrza, intensywności promieniowania słonecznego, a przede wszystkim od stopnia zanieczyszczenia atmosfery. Ozon powstaje w atmosferze w wyniku reakcji fotochemicznej, pod wpływem promieniowania nadfioletowego. Promieniowanie o długości fali poniżej $0,24 \mu\text{m}$ (a więc promieniowanie UV-C) powoduje rozpad dwuatomowej cząsteczki tlenu na pojedyncze atomy (fotodysocjacja). Proces ten zachodzi najintensywniej na wysokości około 25 km nad Ziemią. W wyniku zderzania się cząsteczek i atomów tlenu (O_2 i O) powstają cząsteczki ozonu. Dodatkowym źródłem O_3 są wyładowania elektryczne podczas burz (Kozłowska-Szczęsna, red. 1985). Ozon ma zdolność silnego pochłaniania promieniowania słonecznego o długości fali od $0,22$ do $0,29 \mu\text{m}$ (a więc widma UV-C i części widma UV-B). Pod wpływem tego promieniowania cząsteczki O_3 rozpadają się na cząsteczkę tlenu i wolny atom tlenu. Obydwie te formy tlenu wchodzą w ponowną reakcję z promieniowaniem UV-C przenikającym przez atmosferę. W warunkach naturalnych ukształtowała się równowaga procesów tworzenia i rozpadu ozonu w stratosferze. Stworzyło to swoisty „parasol ochronny” uniemożliwiający przenikanie do powierzchni Ziemi widma promieniowania UV-C. Proces tworzenia się ozonu jest silnie zakłócany przez niektóre związki chloru i bromu (głównie freony i halony), które po przedostaniu się na wysokość ponad 20 km rozpadają się pod wpływem promieniowania UV na aktywne atomy i rodniki. Te ostatnie wchodzą w reakcje z ozonem zmniejszając jego ilość w stratosferze, co jest powszechnie nazywane dziurą ozonową (Kozuchowski 1998; Woś 1996). O ile ozon stratosferyczny jest nieodzownym czynnikiem prawidłowego rozwoju życia na Ziemi, o tyle cząstki ozonu znajdujące się przy powierzchni ziemi (tzw. ozon troposferyczny) należy traktować jako szkodliwe dla człowieka zanieczyszczenie powietrza. Według Światowej Organizacji Zdrowia (WHO) stężenie ozonu przekraczające 30 ppb (części objętości na milion) działa drażniąco na układ oddechowy ludzi i zakłóca

proces fotosyntezy roślin. Wzrostowi koncentracji ozonu troposferycznego sprzyja obecność w powietrzu tlenków azotu, tlenku węgla i innych związków chemicznych powstających w procesach produkcji przemysłowej oraz emitowanych w spalinach samochodowych.

Obecny w powietrzu **azot (N)** jest stałym składnikiem atmosfery, stanowiącym średnio około 78% jego masy. Dlatego też jest on istotnym elementem procesu oddychania. Organizm człowieka jest bardzo czuły na niewielkie nawet wahania ilości azotu we wdychanym powietrzu. Wzrost ilości azotu już o 4% powoduje znaczne obniżenie ciśnienia cząsteczkowego tlenu do poziomu krytycznego, powodującego niedotlenienie organizmu (hipoksję).

Dwutlenek węgla (CO₂) wykazuje dość duże wahania ilościowe, zarówno przestrzenne, jak i czasowe. Średnio przyjmuje się, że stanowi on 0,0325% objętości atmosfery. W obszarach silnie zurbanizowanych koncentracja CO₂ może dochodzić do 0,08%. Gdy jego stężenie w powietrzu przekracza 0,2% staje się on szkodliwy dla człowieka. Wprawdzie w warunkach naturalnych nie spotyka się takiej koncentracji, niemniej może się ona dość szybko wytworzyć w niewielkich, szczelnie zamkniętych pomieszczeniach, w których przebywa człowiek. CO₂ jest bowiem naturalnym efektem procesu oddychania i wtedy, gdy nie może zostać odprowadzony poza takie pomieszczenie następuje drastyczne zmniejszenie koncentracji tlenu. Prowadzi to do niedotlenienia mózgu i śmierci. Dramatycznym tego przykładem są ofiary lawin śnieżnych. Jeśli nawet przeżyją one samo uderzenie lawiny, to jeśli w ciągu kilku czy kilkunastu minut nie zapewni się im dopływu powietrza następuje śmierć w wyniku niedotlenienia (hipoksji).

Układy koloidowe, powstające w wyniku rozproszenia ciał stałych lub cieczy w ośrodku gazowym noszą nazwę aerozoli. **Aerozole** zawierające chlorek sodu i inne sole, powstają w sposób naturalny na plażach nadmorskich, w bezpośrednim sąsiedztwie tężni (np. w Ciechocinku, Inowrocławiu i Konstancinie), czy też w komorach powyroboiskowych w kopalniach soli (np. w Wieliczce i Bochni). Mają one szerokie zastosowanie w leczeniu chorób układu oddechowego i tarczycy. Odgrywają także bardzo ważną rolę w procesie odnowy sił człowieka. Łączne oddziaływanie na człowieka aerozolu morskiego, promieniowania słonecznego, bodźców termiczno-wilgotnościowych i mikromasażu wiatrem, jakie ma miejsce na plażach nadmorskich, nosi miano **talassoterapii**. Jest ona od wieków wykorzystywana w rekreacji w wielu społecznościach (od greckiej i rzymskiej poczynając).

Różnego rodzaju **zanieczyszczenia powietrza** stanowią niekorzystne dla człowieka bodźce chemiczne. Szczególnie niebezpieczne są związki siarki

i azotu, tlenek węgla, węglowodory oraz fluor i wspomniany już ozon troposferyczny. Intensywność tych bodźców określana jest ilościowo na podstawie stężeń (chwilowych, średniogodzinnych, średniorocznych) zanieczyszczeń gazowych, koncentracji w powietrzu pyłów zawieszonych oraz zawartości alergenów. W ocenie jakościowej istotne są właściwości toksyczne, alergizujące i ewentualnie rakotwórcze poszczególnych rodzajów zanieczyszczeń (Tyczka 1975, 1980). Działanie pośrednie zanieczyszczeń polega na: niszczeniu szaty roślinnej (np. poprzez tzw. „kwaśne deszcze”), osłabieniu promieniowania słonecznego, stwarzaniu warunków do występowania mgieł i długiego ich zalegania. Mgła w połączeniu z zanieczyszczeniami tworzy w wielu miastach świata nadzwyczaj szkodliwą i niebezpieczną dla zdrowia, a nawet życia człowieka mieszaną zwaną **smogiem**. Najbardziej znany jest przypadek smogu w Londynie, który w dniach 4–8 grudnia 1952 r. spowodował śmierć 4000 mieszkańców miasta w wyniku ostrej niewydolności oddechowej i innych chorób układu oddechowego (Kuchcik 2000). Na wzrost stężenia zanieczyszczeń w powietrzu wyraźnie wpływa wysoka temperatura, wilgotność powietrza oraz mała prędkość wiatru. Na zmniejszenie zanieczyszczenia powietrza wpływają natomiast opady atmosferyczne. Trzeba jednak pamiętać, że wraz z opadem zanieczyszczenia te docierają do powierzchni ziemi oraz wód powierzchniowych i podziemnych.

Na zakończenie należy podkreślić, że na korzystne efekty rekreacji bardzo istotny wpływ ma samo przebywanie w czystym powietrzu z domieszką aerozoli. Powietrze zawierające zanieczyszczenia, mimo korzystnego niekiedy poziomu bodźców fizycznych, nie sprzyja natomiast regeneracji organizmu, a nawet może być dla niego szkodliwe.

2.3. ZESPÓŁ BODŹCÓW BIOLOGICZNYCH

W powietrzu unoszą się organizmy żywe (**aeroplankton**), takie jak: bakterie, wirusy, pierwotniaki, grzyby a także zarodniki, cząstki roślin i pyłki kwiatowe. U osób wrażliwych wywołują one objawy alergiczne, np. katar sienny czy ataki astmy. Lotne substancje wydzielane przez rośliny (**fitoncydy**), będące mieszaniną związków organicznych powstających w czasie przemiany materii roślin (np. terpeny, olejki aromatyczne), charakteryzują się natomiast silnym działaniem bakteriobójczym. Skład chemiczny substancji lotnych jest bardzo zróżnicowany. Dotychczas udało się wyodrębnić około 20 000 związków chemicznych wydzielanych przez rośliny, z których 70–80% ulega dyfuzji do atmosfery i bierze udział w tworzeniu aerozolu organicznego. Spośród roślin i zbiorowisk roślinnych, wydzielających najwięcej takich

substancji, wymienić należy: drzewa iglaste (sosna, świerk, jodła), jałowiec, dąbrowy świetliste. Stężenie aeroplanktonu i fitoncydów w powietrzu zależy w dużym stopniu od warunków pogodowych. Znaczny wpływ na jakość i ilość wydzielanych substancji eterycznych mają także skład gatunkowy zbiorowiska roślinnego, stan zdrowotny roślin i żyzność siedliska (Krzymowska-Kostrowicka 1997).

Właściwości terapeutyczne i rekreacyjne szaty roślinnej są stosunkowo słabo poznane. Na podstawie nielicznych prac można stwierdzić, że przebywanie w borze sosnowym sprzyja uspokojeniu i obniżeniu ciśnienia krwi, a także działa leczniczo na drogi oddechowe. Grądy wpływają natomiast na pobudzenie ośrodków nerwowych, wzmagają aktywność, usuwają zmęczenie oraz podnoszą ciśnienie krwi (Beer, Mączak 1977; Kostrowicki 1970; Krzymowska-Kostrowicka 1997) (tab. 1).

Przedstawione wyżej uwagi na temat bodźców biologicznych wskazują, jak ważny jest dobór zieleni we właściwym kształtowaniu warunków sprzyjających regeneracji organizmu podczas rekreacji.

Tabela 1. Właściwości farmakologiczne niektórych zbiorowisk roślinnych (Krzymowska-Kostrowicka 1997)

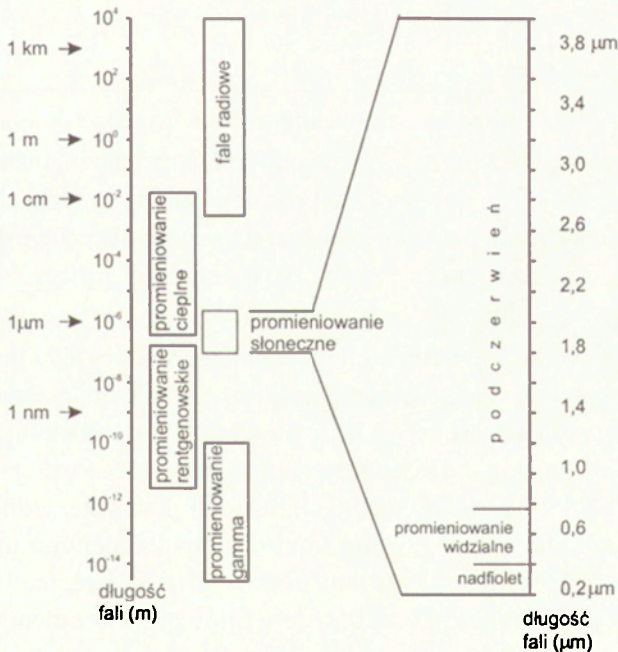
Oddziaływanie farmakologiczne	Zbiorowisko roślinne								
	bór suchy	bór świeży	bór mieszany świerkowy	bór mieszany sosnowy	dąbrowa świetlista	grąd typowy	buczyna trawiaста	murawa kserotermiczna	łąka rajgrasowa
rozszerzające naczynia krwionośne i obniżające ciśnienie krwi	xxx	xxx	x	x	o	ooo	oo		
zwężające naczynia krwionośne i podwyższające ciśnienie krwi	ooo	ooo			x	xx	xx		
przeciwastmatyczne	xx	xxx	x	xx			oo		
przeciwgruźlicze	xxx	xxx	xx	xx	x	x		x	
przeciwbronchitowe	xxx	xxx	xx	xx	xx	x	o	xx	
odkażające	xxx	xxx	xxx	xxx	xxx	xx	x	xxx	
uspokajające	xxx	xxx	x	x	o	oo	oo		
pobudzające	ooo	ooo	o		xxx	xxx	xx	xxx	
wzmagające odporność organizmu	x	xx	xx	xx	xxx	xxx	xx	xxx	xx

działanie pozytywne: xxx – znaczące, xx – umiarkowane, x – słabe
działanie negatywne: ooo – znaczące, oo – umiarkowane, o – słabe

3. WARUNKI METEOROLOGICZNE A REKREACJA I TURYSTYKA

3.1. PROMIENIOWANIE SŁONECZNE

Promieniowanie słoneczne jest formą promieniowania elektromagnetycznego (ryc. 8). Emitowane jest ono przez Słońce w wyniku zachodzących w jego jądrze reakcji termojądrowych przemian wodoru w hel. Może być też wytwarzane przez specjalne lampy „słoneczne” (np. rtęciowe, sodowe lub jodowe). Do atmosfery ziemskiej dociera głównie krótkofalowe promieniowanie słoneczne, o długości fal od 0,1 do 4,0 μm . Promieniowanie o długości fali mniejszej od 0,1 mm i większej od 4,0 μm , a także promieniowanie korpuskularne, stanowią łącznie jedynie około 1% promieniowania emitowanego przez tarczę słoneczną. Powszechnie przyjmuje się zatem, że promieniowanie słoneczne jest promieniowaniem krótkofalowym, a obydwa te terminy są używane zamiennie.



Ryc. 8 Podział widma fal elektromagnetycznych

Spectrum of electromagnetic waves

To stosunkowo wąskie pasmo fal promieniowania słonecznego dzieli się na trzy zakresy: nadfiolet, promieniowanie widzialne i podczerwień (tab. 2). Na górnej granicy atmosfery na nadfiolet przypada około 5% dochodzącej od Słońca energii, na promieniowanie widzialne – 52%, a na podczerwień – około 43%. Podczas przechodzenia przez atmosferę większość promieniowania UV ulega pochłonięciu. Znacznemu rozproszeniu oraz odbiciu ulega także promieniowanie widzialne. Do powierzchni Ziemi dociera go o około 12% mniej w porównaniu z ilością na górnej granicy atmosfery. Sprawa to, że w dolnej troposferze udział promieniowania podczerwonego zwiększa się do około 50%.

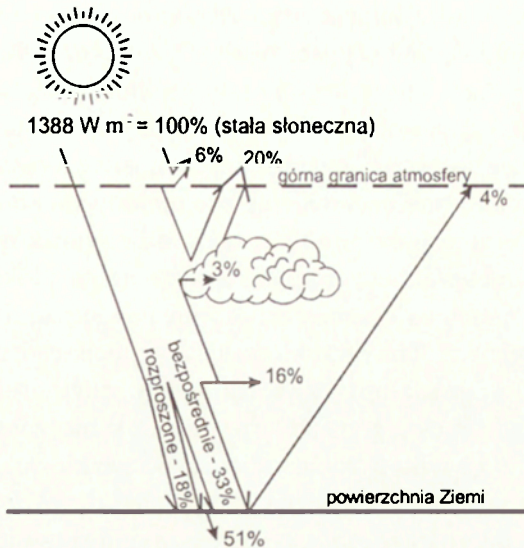
Tabela 2. Podział widma promieniowania słonecznego

Zakres	Długość fali (μm)	Udział w ogólnej ilości energii (%)	
		poza atmosferą	przy powierzchni Ziemi
nadfiolet próżniowy	< 0,200	0	0
nadfiolet daleki (UV-C)	0,200–0,280	} 5	} 1
nadfiolet średni (UV-B)	0,281–0,315		
nadfiolet bliski (UV-A)	0,316–0,400		
promieniowanie widzialne	0,401–0,760	52	40
podczerwień bliska	0,761–2,500	} 43	} 49
podczerwień średnia	2,501–4,000		

Natężenie promieniowania słonecznego docierającego do górnej granicy atmosfery wynosi $1388 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$. Wartość ta jest określana mianem stałej słonecznej¹ i odnosi się do powierzchni prostopadłej do promieni słonecznych. Podczas przechodzenia przez kolejne warstwy atmosfery ziemskiej natężenie promieniowania zmienia się w wyniku różnorodnych procesów pochłaniania, rozpraszania i odbijania (ryc. 9).

Ogólnie biorąc, powierzchnia Ziemi pochłania średnio jedynie około 50% promieniowania słonecznego docierającego do górnej granicy atmosfery. Przy dużej przezroczystości atmosfery ilość promieniowania docierającego do jej warstwy przygruntowej może jednak stanowić nawet 85–90% stałej słonecznej. Około 26% promieni słonecznych jest odbijane przez atmosferę oraz górną powierzchnię chmur (zwarta, rozległa powłoka chmur może jednak powodować odbicie nawet 50% promieni słonecznych). Kolejne 16% promieniowania jest pochłaniane przez atmosferę (głównie przez dwutlenek węgla i parę wodną), a 3% przez cząstki wody tworzące chmury. Średnio około 18%

¹ W piśmiennictwie można także spotkać inne wartości stałej słonecznej, od 1353 do $1395 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$ (Paltridge, Platt 1976). Podaną w opracowaniu wartość przyjęto za „Słownikiem fizycznym” (1996)



Ryc. 9. Przenikanie promieniowania słonecznego przez atmosferę
Transfer of solar radiation through the atmosphere

promieni słonecznych jest rozpraszane przez molekuly powietrza oraz zawieszony w nim krople wody i aerozole. Stopień rozproszenia zależy od długości fali promieniowania. Zgodnie z tzw. prawem Rayleigha intensywność rozpraszania jest odwrotnie proporcjonalna do czwartej potęgi długości fali (λ). Względne rozpraszanie różnych długości fal wynosi:

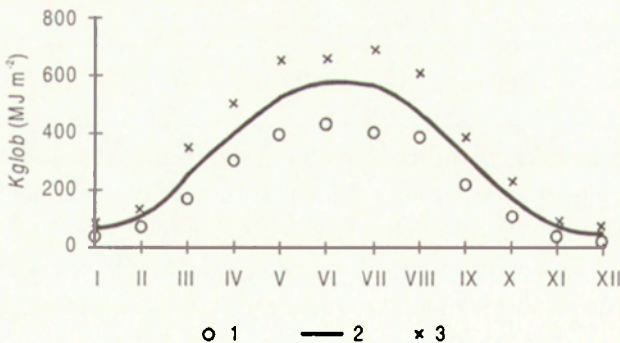
Kolor:	fioletowy	niebieski	zielony	żółty	pomarańczowy	czerwony
Długość fali (μm)	0,42	0,48	0,52	0,56	0,60	0,68
$1/\lambda^4$	32,1	18,8	13,7	10,2	7,7	4,7

Dlatego też niebieski kolor nieba zawdzięczamy temu, że największe rozproszenie występuje przy kolorach o falach krótkich (fiolet, niebieski, zielony), a najmniejsze – przy kolorach o falach długich (czerwony). W wyniku mieszania się kolorów w proporcjach podanych w dolnym wierszu powyższego zestawienia powstaje niebieski kolor nieba, tak chętnie poszukiwany przez turystów.

Część promieniowania (średnio 4%) jest odbijana przez powierzchnię Ziemi, choć przy niektórych rodzajach powierzchni, jak na przykład piasek czy śnieg, ilość promieniowania odbitego jest znacznie większa.

Do powierzchni ziemi promieniowanie słoneczne dociera w postaci dwóch strumieni: promieniowania bezpośredniego (K_{dir}) i rozproszonego (K_{dif}). Składowa bezpośrednia to promienie słoneczne, które przeniknęły przez atmosferę nie ulegając rozproszeniu. Składowa rozproszona to ta część promieniowania, która podczas przechodzenia przez atmosferę uległa przynajmniej jednokrotnemu rozproszeniu. Natężenie promieniowania bezpośredniego i rozproszonego jest uzależnione zarówno od czynników globalnych (astronomicznych, geograficznych, cyrkulacyjnych), jak i lokalnych (zastąpienie horyzontu, zacielenie, zanieczyszczenie powietrza). Proporcja K_{dir} do K_{dif} zależy od wielu czynników, z których najważniejsze to: zawartość pary wodnej w powietrzu, masa optyczna atmosfery (czyli grubość warstwy powietrza, przez którą muszą przeniknąć promienie słoneczne) i jej przezroczystość oraz rodzaj i wielkość zachmurzenia. Wszystkie one podlegają cyklicznym zmianom sezonowym. Łącznie strumienie K_{dir} i K_{dif} stanowią tzw. promieniowanie całkowite (K_{glob}). Największe sumy promieniowania całkowitego obserwuje się w Polsce w czerwcu i lipcu, a najmniejsze – od listopada do stycznia (ryc. 10).

Promieniowanie bezpośrednie i rozproszone nie są jednak jedynymi strumieniami promieniowania słonecznego obserwowanymi w przygruntowej warstwie powietrza. Część promieni słonecznych odbija się od powierzchni terenu i kieruje się ku górnym warstwom atmosfery. Natężenie promieniowania odbitego (K_{ref}) jest zmienne i zależy od fizycznych właściwości podłoża, głównie od jego barwy, szorstkości i uwilgotnienia. Miarą zdolności podłoża do odbijania promieni słonecznych jest tzw. albedo, czyli stosunek promieniowania odbitego od podłoża do promieniowania całkowitego (tab. 3).



Ryc. 10. Przebieg roczny minimalnych (1), średnich (2) i maksymalnych (3) sum miesięcznych całkowitego promieniowania słonecznego (K_{glob}), Warszawa-Bielany, 1961–1990 (Kozłowska-Szczęśna, Podogrocki 1995)

Annual course of minimal (1), average (2) and maximal (3) monthly sums of global solar radiation (K_{glob}), Warszawa-Bielany, 1961–1990 (Kozłowska-Szczęśna, Podogrocki 1995)

Tabela 3. Średnie wartości albedo niektórych rodzajów powierzchni
(Kozłowska-Szczęśna 1973, Robinson 1966)

Rodzaj powierzchni	Albedo podłoża (a_g - %)
sucha, szara gleba	25–30
piasek żółty	35
beton	30
asfalt	20
chodniki	18
świeża trawa	26
trawa przesuszona	17–19
pszenica	10–25
lasy liściaste	10–35
lasy iglaste	14–40
świeży, gęsty, czysty śnieg	85–95
śnieg porowaty, zabrudzony	29–47

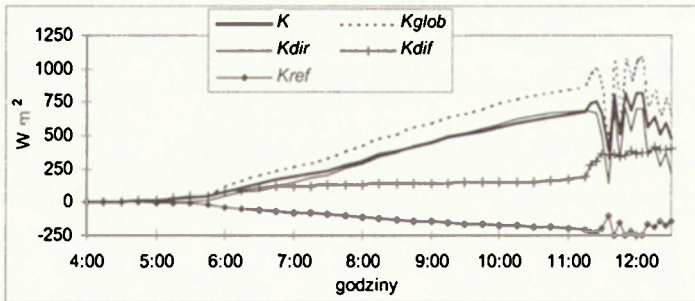
Albedo różnego rodzaju powierzchni nie podlega w zasadzie zmianom w czasie. Jedynie podczas bardzo niskich położenia Słońca jest ono podwyższone w stosunku do wartości średnich (Robinson 1966).

Tak więc bilans radiacyjny w zakresie krótkofalowym, czyli ilość promieniowania słonecznego pochłoniętego (K) przez tzw. warstwę graniczną, na którą składają się: przypowierzchniowa warstwa gruntu oraz szata roślinna i inne elementy zagospodarowania terenu (budynki, sztuczne nawierzchnie itp.) można wyrazić następującym wzorem:

$$K = K_{dir} + K_{dif} + K_{ref} \quad [3.1]$$

W równaniu tym wszystkie strumienie promieniowania docierające do atmosfery do warstwy granicznej (K_{dir} , K_{dif}) są oznaczone znakiem dodatnim, a strumień K_{ref} , skierowany od warstwy granicznej ku atmosferze, ma znak ujemny.

Strukturę składników promieniowania pochłoniętego ilustruje rycina 11. Podczas pogody bezchmurnej natężenie promieniowania rozproszonego wynosiło około $150 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$, natomiast po pojawieniu się powłoki chmur wzrosło do około $400 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$. Zakres wahań natężenia promieniowania bezpośredniego był znacznie większy niż rozproszonego. K_{dir} wzrastało stopniowo wraz ze wzrostem wysokości Słońca, aż do momentu wystąpienia chmur, odpowiednio od ok. $20 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$ o godz. 6⁰⁰ do $700 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$ ok. godziny 11⁰⁰. W tym czasie natężenie promieniowania odbitego (K_{ref}) wzrosło do $200 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$. Tak więc największe, w omawianym dniu, natężenie promieniowania pochłoniętego wyniosło około $840 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$. Porównując wartości strumieni promieniowania słonecznego w wybranym dniu ze stałą słoneczną można stwierdzić, że wynosiły one: K – 60%, K_{dir} – 58%, K_{dif} – 11% i K_{ref} – 14% promieniowania docierającego od Słońca do górnej granicy atmosfery. Wartości te są



Ryc. 11. Natężenie strumieni promieniowania słonecznego, 4 lipca 1996 r., Borowa Góra: *K* – pochłonięte, *Kdir* – bezpośrednie, *Kref* – odbite, *Kglob* – całkowite, *Kdif* – rozproszone

Intensity of various fluxes of solar radiation, 4 July 1996, Borowa Góra: *K* – absorbed, *Kdir* – direct, *Kref* – reflected, *Kglob* – global, *Kdif* – diffuse

zbliżone do podawanych w ogólnych modelach przenikania promieniowania słonecznego przez atmosferę (porównaj ryc. 9).

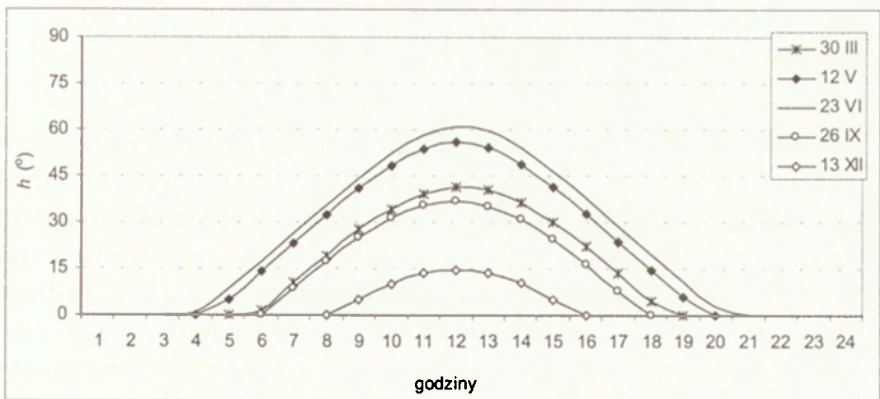
3.1.1. PROMIENIOWANIE UV

Jedną z głównych form rekreacji są tzw. kąpiele słoneczne, czyli przebywanie w bezruchu w miejscach nasłonecznionych w lekkiej lub bardzo lekkiej odzieży. Kąpiele słoneczne odgrywają także ważną rolę w procesie klimatoterapii, czyli leczenia klimatycznego. Korzystanie z bodźców radiacyjnych przez kuracjuszy odbywa się na zalecenie i pod kontrolą lekarzy. Podczas rekreacji nie mamy z reguły możliwości stałego kontaktu z lekarzem, a kąpieli słonecznych zażywamy często na własne „wycucie”, niekiedy aż do chwili pojawienia się niebezpiecznych dla zdrowia objawów (np. oparzeń słonecznych, utraty przytomności, zaburzeń wzroku).

Jak już wspomniano w rozdziale 2.1.1, przebywanie w miejscach nasłonecznionych przynosi organizmowi wiele pożytku. Może jednak być też niebezpieczne dla organizmu. Nadmierne dawki promieniowania słonecznego mogą powodować liczne choroby skóry, oczu i zaburzenia układu immunologicznego. Spośród ostrych objawów można wymienić oparzenie słoneczne i świetlne zapalenie rogówki (błysk spawania, ślepotą śnieżną). Do chorób przewlekłych zalicza się: przedwczesne starzenie się skóry, nowotwory skóry oraz choroby oczu: zaćmę, skrzydlik i kropelkową keratopatię (Lityńska i in. 2001). Przyczyną zarówno odczynów korzystnych, jak i szkodliwych dla zdrowia jest promieniowanie nadfioletowe (UV), a więc fale o długości mniejszej od $0,4 \mu\text{m}$. Udział fal o tej długości w całym spektrum widma słonecznego jest niewielki. Przy powierzchni Ziemi stanowi ono jedynie 1%

całego promieniowania. Praktycznie całość nadfioletu dalekiego (UV-C), którego obecność prowadzi do niszczenia komórek organizmów żywych i przyczynia się do powstawania licznych chorób skóry, w tym także raka, zostaje pochłonięta przez tzw. warstwę ozonową, znajdującą się w stratosferze na wysokości około 20–25 km. Do powierzchni Ziemi dociera głównie nadfiolet bliski (UV-A) oraz część nadfioletu średniego (UV-B), którego znaczna część ulega pochłonięciu przez molekuly powietrza oraz zawieszone w nim aerozole i krople wody.

Należy pamiętać, że w niektórych warunkach terenowych (zbocza górskie) obecność pokrywy śnieżnej może znacznie zwiększyć całkowitą ilość promieniowania UV docierającego do człowieka (np. narciarza w górach). Śnieg bowiem może odbijać aż 80% padającego promieniowania UV, natomiast piasek na plaży odbija około 25%. Około 95% promieni UV przenika do wody, a na głębokości około 3 m notuje się jeszcze 50% jego natężenia. Wraz ze wzrostem wysokości natężenie UV wzrasta o 6–8% na każde 1000 m. Dzieje się to na skutek większej przezroczystości powietrza w górach i mniejszej masy optycznej atmosfery. Znaczenie masy optycznej zaznacza się także w przebiegu dobowym promieniowania UV. W umiarkowanych szerokościach geograficznych działanie biologiczne nadfioletu UV-A występuje od 20° wysokości Słońca nad horyzontem, a UV-B od 30°. Na 52° szerokości geograficznej Słońce wznosi się ponad 30° nad horyzontem w okresie od 1 marca do 15 października (ryc. 12). W całym półroczu ciepłym, od kwietnia do września, możliwe jest korzystanie z kąpeli słonecznych (przy braku chmur) od godziny 8⁰⁰ do 16⁰⁰.



Ryc. 12. Wysokość Słońca (h) w Warszawie w wybranych dniach roku
Sun altitude (h) in Warsaw at selected days of the year

Wywołanie u człowieka określonej reakcji biologicznej jest funkcją tzw. **czułości widmowej**. Granica między zakresem UV–A i zakresem UV–B, odpowiadająca długości fali $0,315 \mu\text{m}$, jest uzasadniona nieznacznym już oddziaływaniem biologicznym tej długości fali. Natomiast granica między zakresem UV–B i zakresem UV–C ($0,280 \mu\text{m}$) jest związana z minimalną zdolnością wywoływania zmiany barwy skóry ludzkiej. Na podstawie funkcji czułości widmowej można obliczyć – dla określonej biologicznej reakcji – efektywne natężenie promieniowania UV w paśmie $0,28\text{--}0,40 \mu\text{m}$. Dla określonego czasu ekspozycji wyznacza się natomiast tzw. efektywną dawkę promieniowania UV (w $\text{J}\cdot\text{m}^{-2}$) całkując efektywne natężenie promieniowania w czasie ekspozycji. W odniesieniu do rekreacji ważna jest funkcja czułości widmowej dla wywołania rumienia w obrębie skóry.

Do oszacowania rumieniotwórczego promieniowania UV używa się tzw. **minimalnej dawki rumieniowej** – MED (od ang. Minimal Erythematol Dose). Dawka równa 1 MED jest to efektywna dawka promieniowania UV, która powoduje powstanie rumienia (opalenizny) na nieekspozowanej wcześniej skórze człowieka (każda kąpiel słoneczna zmniejsza wrażliwość człowieka na powtórne działanie promieniowania nadfioletowego). Z uwagi na różną pigmentację skóry poszczególni ludzie nie są w jednakowym stopniu wrażliwi na promienie UV. Dla Europejczyków wartość 1 MED waha się od 200 do $500 \text{J}\cdot\text{m}^{-2}$. Wyróżnia się cztery podstawowe typy skóry dla populacji europejskiej (tab. 4).

Tabela 4. Charakterystyka podstawowych typów skóry dla populacji europejskiej (Lityńska i in. 2001)

Typ skóry	Opalenizna występuje	Oparzenia występują	Kolor włosów	Kolor oczu	1 MED ($\text{J}\cdot\text{m}^{-2}$)
I	nigdy	zawsze	rude	niebieskie	200
II	czasami	czasami	blond	zielone/niebieskie	250
III	zawsze	rzadko	brązowe	szare/piwne	350
IV	zawsze	nigdy	czarne	piwne	450

Określenie ilości promieniowania UV docierającego do powierzchni Ziemi w jednostkach energii jest trudne z powodu braku szczegółowych i ciągłych danych z długich okresów dla różnych miejscowości. W ostatnich latach do oceny natężenia promieniowania nadfioletowego używa się tzw. **wskaźnika UVI** (UV Index), który jest jednostką miary promieniowania UV, ilustrującą jego oddziaływanie na skórę człowieka. *UVI* jest zdefiniowany jako „*efektywne natężenie promieniowania UV otrzymane w wyniku całkowania natężenia promieniowania UV pomnożonego przez parametr wagowy funkcji czułości widmowej do $0,4 \mu\text{m}$, znormalizowane do 1,0 dla czułości $0,297 \mu\text{m}$* ” (Lityńska i in. 2001).

Wartość wskaźnika *UVI* jest w wielu krajach europejskich i pozaeuropejskich podawana w prognozach meteorologicznych lub udostępniana w internecie. W Polsce zajmuje się tym Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej podając w okresie od maja do sierpnia prognozy wskaźnika *UVI* oraz zamieszczając informacje o nim na swej stronie www (<http://www.imgw.pl>). Informacje te dotyczą zarówno nieba bezchmurnego, jak i zachmurzonego.

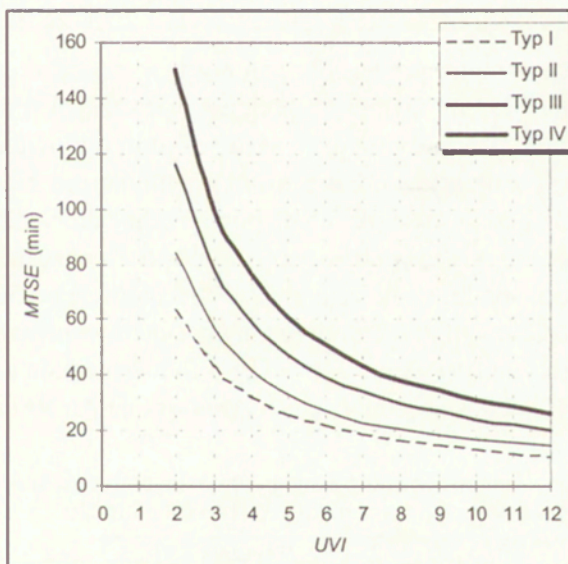
W niektórych krajach – zwłaszcza w południowej Europie – podawane są wartości wskaźnika UV jedynie dla nieba bezchmurnego (UVI_0). Często też jest ona odnoszona do poziomu morza. Aby uzyskać wartość *UVI* dla nieba zachmurzonego oraz dla danej wysokości nad poziomem morza można zastosować następujący wzór (Lityńska i in. 2001):

$$UVI = UVI_0 \cdot CMF (1 + 0,08 \cdot Hs) \quad [3.2]$$

gdzie:

CMF – chmurowy współczynnik modyfikujący natężenie UV (patrz tabela 5),
Hs – wysokość stacji nad poziomem morza (w km).

Znając wartość wskaźnika *UVI* dla danych warunków zachmurzenia i danego miejsca można określić **maksymalny czas bezpiecznego przebywania na słońcu (MTSE)** bez żadnej ochrony, po którym zacznie się pojawiać rumień, mówiąc potocznie jest to czas opalania. Czas ten może być określony dla każdego typu skóry przy pomocy prostego diagramu (ryc. 13).



Ryc. 13. Maksymalny czas bezpiecznego przebywania na słońcu (*MTSE* w min) dla osób z różnymi typami skóry (por. tabela 4) w zależności do wartości wskaźnika *UVI* (wg Z. Lityńska i in. 2001)

Maximal time of solar exposition (*MTSE* in min) at subjects with various type of skin (see table 4) in relation to *UVI* Index (by Z. Lityńska et al. 2001)

Maksymalny czas bezpiecznego przebywania na słońcu można również obliczyć korzystając z poniższych wzorów:

– typ I skóry (por. tabela 4)

$$MTSE = 119,99 \cdot UVI^{-0,923}, \quad [3.3]$$

– typ II skóry

$$MTSE = 170,84 \cdot UVI^{-1,0121}, \quad [3.4]$$

– typ III skóry

$$MTSE = 229,02 \cdot UVI^{-0,9774}, \quad [3.5]$$

– typ IV skóry

$$MTSE = 292,95 \cdot UVI^{-0,976}. \quad [3.6]$$

Tabela 5. Chmurowy współczynnik modyfikujący natężenie UV w zależności od wielkości zachmurzenia (N) oraz rodzaju chmur i opadów atmosferycznych (Lityńska i in. 2001)

N (oktanty)	Rodzaj chmur			Rodzaj opadu	
	Wysokie	Srednie	Niskie	Mgła	Deszcz
0–2	1,0	1,0	1,0	–	–
3–4	1,0	1,0	0,8	–	–
5–6	1,0	0,8	0,5	–	–
7–8	0,9	0,5	0,2	0,4	0,2

Przebywanie w miejscach nasłonecznionych przez czas dłuższy niż wskazuje na to wartość $MTSE$, zwłaszcza podczas pierwszej ekspozycji słonecznej, może się odbywać jedynie przy zastosowaniu odpowiedniej ochrony skóry. Najlepszą z nich jest odzież, która pochłania promienie słoneczne (w tym UV), nie przepuszczając ich do powierzchni skóry. Dlatego też, nawet w dni słoneczne, a może przede wszystkim w dni słoneczne, zalecane jest noszenie koszuli, spodni i nakrycia głowy. Nieosłonięte odzieżą części ciała należy zabezpieczać przed promieniami nadfioletowymi specjalnymi kremami zawierającymi filtry słoneczne (SPF – Sun Protection Factor). Rodzaj kremu powinien być dostosowany do natężenia wskaźnika UVI i do typu skóry (tab. 6).

Tabela 6. Zalecany numer filtru słonecznego dla różnych typów skóry przy różnych wartościach wskaźnika UV (Lityńska i in. 2001)

Typ skóry	Wskaźnik UVI			
	1–3	4–6	7–9	> 9
I	15	30	50	60
II	12	25	40	50
III	9	15	30	40
IV	6	12	20	30

Musimy również pamiętać o niebezpieczeństwie związanym z ekspozycją na promienie UV narządu wzroku. Dlatego też przy wysokich wartościach *UVI* należy używać okularów ochronnych ze szkłami pokrytymi warstwą specjalnych filtrów. W większości przypadków zaleca się stosowanie szkieł z 3 kategorią ochrony przeciwsłonecznej. Jedynie podczas takich form rekreacji jak wspinaczka wysokogórska, narciarstwo czy żeglarstwo niezbędne jest korzystanie ze szkieł z 4 kategorią ochrony.

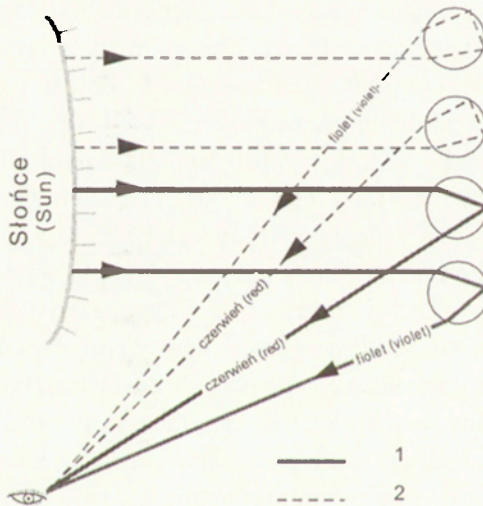
Rozkład geograficzny wskaźnika *UVI* jest silnie uzależniony od szerokości geograficznej i pory roku. Jego największe wartości (powyżej 13) obserwuje się w strefie okołorównikowej. W wysokich szerokościach geograficznych wartość *UVI* spada do 1–2. Najwyższe wartości wskaźnika notowane są w miesiącach letnich. Jedynie w pasie szerokości od 10°N do 10°S kulminacja *UVI* przypada na miesiące wiosenne i jesienne. W Polsce najwyższe średnie wartości *UVI* występują w czerwcu. Na wybrzeżu Bałtyku osiągają one w południe 6,5, w Polsce południowej – około 8 (w Tatrach nawet 9).

3.1.2. PROMIENIOWANIE WIDZIALNE

Widzialna część promieniowania słonecznego obejmuje fale o długości od 0,40 do 0,76 μm . Oddziałuje ono przede wszystkim na **światłoczułe komórki oka**. Odbieramy dzięki temu wrażenia wizualne. Zależnie od długości fali promieniowanie widzialne ma różne barwy: fioletową – przy długości fali około 0,4 μm , niebieską – około 0,5 μm , zieloną – około 0,53 μm , żółtą – około 0,57 μm , czerwoną – przy fali o długości ponad 0,65 μm . Światło docierające do wnętrza oka pada na znajdujące się tam czopki i pręciki, które są wrażliwymi na nie receptorami siatkówki. Czopki występują w liczbie około 120 milionów, a pręciki – 7 milionów. Pręciki zawierają specjalną substancję chemiczną, zwaną rodopsyną (czerwienią wzrokową), która jest bardzo czuła na ilość światła dochodzącego do oka, ale nie na jego kolor. Dzięki temu nawet w nocy jesteśmy w stanie rozróżnić przedmioty w naszym otoczeniu. Przy jasnym świetle rodopsyna ulega odbarwieniu, a pręciki stają się ślepe. Uaktywniają się one szybko przy ponownym nastaniu ciemności. Czopki, które potrzebują znacznie więcej światła do poprawnego funkcjonowania, zawierają substancję reagującą na jedną z trzech głównych barw: niebieską, zieloną lub czerwoną. Istnieją trzy rodzaje czopków, z których sygnały docierają do mózgu poprzez nerw wzrokowy. W ośrodku wzroku w mózgu dochodzi do mieszania tych sygnałów, dzięki czemu widzimy różne kolory. Natomiast zarówno omówione już promieniowanie nadfioletowe, jak i promieniowanie podczerwone ($\lambda > 0,76 \mu\text{m}$) nie działają na receptory wzroku.

Źródłem wrażeń wizualnych są bądź to fale świetlne odbite od różnych przedmiotów w naszym otoczeniu, bądź też samo promieniowanie przechodzące przez atmosferę. Podczas przechodzenia fal świetlnych przez atmosferę dochodzi do ich załamania, odbijania i rozpraszania. Te i inne procesy fizyczne prowadzą do powstawania różnorodnych zjawisk optycznych.

Jednym z bardziej znanych zjawisk optycznych jest tęcza. W dawnych kulturach była ona postrzegana jako most do nieba. Jej powstanie wiąże się z dwukrotnym załamaniem promieni słonecznych, przechodzących przez krople wody zawieszona w atmosferze (przy wejściu do kropli i przy wyjściu z niej). Każda z barw zawartych w promieniu słonecznym ma nieco inny współczynnik załamania: fioletowa – 1,343, zielona – 1,335, żółta – 1,334 i czerwona – 1,332. Dzięki temu powstaje zjawisko optyczne rozbitcia promienia na wiązkę, zawierającą w odpowiedniej kolejności promienie o różnej barwie. Wyróżnia się tęczę główną i tęczę wtórną (ryc. 14). Tęcza powstaje wtedy, gdy opad (w wyniku którego w powietrzu znalazły się krople wody) oraz Słońce są po przeciwnych stronach nieba. Człowiek może ją obserwować stojąc tyłem do tarczy słonecznej.



Ryc. 14. Schemat powstawania tęczy głównej (1) i tęczy wtórnej (2) (wg Z. Sorbjana 2001)

Scheme of main (1) and duplicate (2) rainbow (by Z. Sorbjan 2001)

Tęcza główna powstaje w wyniku jednego odbicia wewnątrz kropli wody; jest bardzo jasna i wyraźna. Tęcza wtórna powstaje w wyniku podwójnego odbicia promienia wewnątrz kropli; w związku z tym jest przyćmiona i mało wyraźna. Zewnętrzny skraj tęczy głównej jest czerwony, a wewnętrzny fioletowy. W tęczy wtórnej układ barw jest odwrotny.

We wszystkich strefach klimatycznych turysta może się spotkać ze zjawiskiem błyskawicy. **Błyskawice** powstają w wyniku wyładowania elektrycznego podczas burzy. Pomiędzy częściami chmury burzowej, lub też pomiędzy chmurą a powierzchnią Ziemi, istnieje różnica potencjału elektrycznego. Błyskawica jest wyładowaniem elektrycznym o natężeniu od 10 000 do 40 000 amperów, które przenosi ładunki elektryczne pomiędzy ośrodkami o różnym potencjale. Przepływając przez atmosferę wąskim kanałem iskra elektryczna nagrzewa ją do 30 000°C. Tę właśnie, rozżarzoną smugę powietrza widzimy na niebie jako błyskawicę.

Innego pochodzenia są **zorze polarne**, polegające na świeceniu górnych warstw atmosfery ziemskiej, które można obserwować w dużych szerokościach geograficznych (obszarach okołobiegunowych). Tylko wyjątkowo bywają one widoczne w umiarkowanych szerokościach geograficznych. Zorze polarne powstają w wyniku oddziaływania protonów i elektronów emitowanych przez Słońce, schwytych przez pole magnetyczne Ziemi, na cząsteczki powietrza znajdujące się w górnych warstwach atmosfery. Atomy (głównie tlenu i azotu) oraz inne cząsteczki powietrza wzbudzone w wyniku bombardowania ich przez prędkie cząstki (mówi się niekiedy o wietrze słonecznym) emitują promieniowanie o charakterystycznym widmie. Zorze polarne pojawiają się na wysokości od 65 do 140 km, a ich rozciągłość pozioma wynosi 100–200 km. Urok zórz polarnych sprawia, że w okresach ich wzmożonego pojawiania się do regionów okołobiegunowych Kanady, Skandynawii i Argentyny kierują się liczne grupy turystów.

Zjawiskami optycznymi spowodowanymi załamaniem światła, jego odbijaniem i rozpraszaniem są: miraż, halo, wieniec, glorie i zielony błysk (zielony promień). Występują one wprawdzie dość rzadko, lecz gdy uda się je zaobserwować pozostawiają niezapomniane wrażenia.

Miraże są odwróconymi obrazami powierzchni Ziemi i nieba. Powstają nad pustyniami, oceanami lub polami śnieżnymi na skutek załamania światła. Nad nagrzanymi przez promienie słoneczne powierzchniami powietrze unosi się do góry, a światło porusza się po zakrzywionych ku górze liniach. W takich warunkach wydaje się, że odległe krajobrazy znajdują się poniżej ich rzeczywistego położenia. Miraże takie nazywane są dolnymi.

Wtedy, gdy temperatura wzrasta wraz z wysokością, np. kiedy powietrze gorące przesuwają się nad zimną powierzchnią, promienie świetlne poruszają się po liniach zakrzywionych ku dołowi. Dalekie krajobrazy mogą być widoczne wyżej, niż znajdują się w rzeczywistości. Ta forma mirażu nosi nazwę górnego.

Halo, to zjawisko powstałe w wyniku załamania światła na kryształkach lodu, zawieszonych w chmurach typu *Cirrus*, *Cirrocumulus* i *Cirrostratus* na wysokości kilku kilometrów nad powierzchnią Ziemi. Widzimy wtedy okazałe pierścienie świetlne otaczające Słońce lub Księżyc. Najczęściej pierścień świetlny halo jest oddalony od ich powierzchni o kąt 22° , rzadziej o kąt 46° . Zjawisku halo mogą niekiedy towarzyszyć zjawiska pokrewne: łuki, okręgi i słońca poboczne.

Wieniec (lub inaczej korona) to jasny pierścień otaczający Księżyc w odległościątowej $2-10^\circ$. Występuje on na skutek dyfrakcji, czyli ugięcia promieni świetlnych przechodzących w pobliżu kropelek wody tworzących chmury. Pojawia się na tle chmur piętra średniego i niskiego, które poprzedzają front ciepły. Wieniec jest zatem zwiastunem opadu atmosferycznego, który może nastąpić w ciągu 12–24 godzin.

Glorie (zjawisko z Brochenu) to kolejne zjawisko optyczne spowodowane załamaniem, odbijaniem i dyfrakcją światła. Pojawiają się jako kolorowe pierścienie wokół cienia obserwatora na chmurach lub mgłę wtedy, gdy znajdujemy się pomiędzy jasną tarczą słoneczną z tyłu i warstwą chmur przed sobą. Najczęściej zjawisko to można obserwować wędrując graniami górskimi podczas pogody o zmiennym zachmurzeniu.

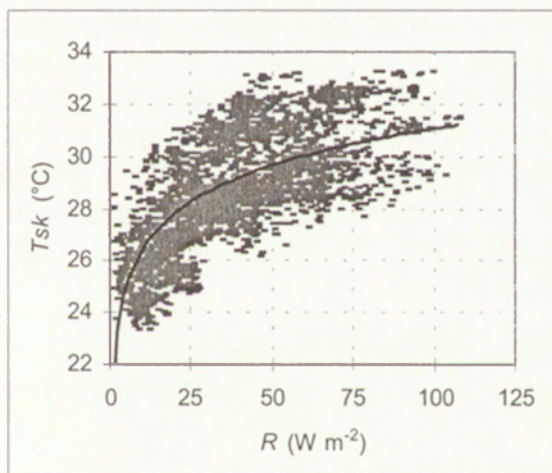
Zielony błysk (zielony promień) to zjawisko, które można obserwować przez kilka sekund w momentach wschodu i zachodu Słońca na skraju dysku słonecznego. Powstaje on w wyniku załamania się pod różnymi kątami poszczególnych zakresów widma słonecznego (fale dłuższe są załamywane słabiej niż krótsze). Powoduje to powstanie i częściowe nakładanie się na siebie dwóch obrazów dysku słonecznego: fioletowo-niebieskiego i czerwonego. Podczas przechodzenia przez grubą warstwę atmosfery (tzw. duża masa optyczna atmosfery) światło niebieskie i fioletowe jest w większości rozpraszane i staje się niewidoczne. To, co pozostaje, to właśnie zielony błysk.

3.1.3. PROMIENIOWANIE PODCZERWONE

Promieniowanie słoneczne o długości fali od $0,76$ do $4,0 \mu\text{m}$ nosi nazwę **promieniowania podczerwonego**: bliskiego i średniego. Skóra człowieka ma zdolność pochłaniania tej części promieniowania słonecznego (Breckenridge, Goldman 1971; Budyko 1959, 1975; Cena 1974; Clark i in. 1980; Nishi 1980). Ma ono bezpośredni wpływ na jej temperaturę i stanowi drugie – poza procesami metabolicznymi – znaczące źródło ciepła dla organizmu (Błażejczyk 1995, 1998a, b; Błażejczyk i in. 1993; Clark, Edholm 1985; Gregorczyk 1966; Nielsen i in. 1988).

Przed przystąpieniem do dalszych rozważań należy wyjaśnić mechanizm fizyczny związany z pochłanianiem promieniowania przez ciało człowieka. U człowieka nieubranego promienie słoneczne są pochłaniane bezpośrednio przez skórę, natomiast w przypadku człowieka ubranego promieniowanie słoneczne jest pochłaniane przez warstwę odzieży, a następnie przewodzone przez nią ku powierzchni ciała. W rozważaniach termofizjologicznych interesuje nas ta ilość energii cieplnej, która pochłonięta przez odzież dociera do powierzchni skóry.

Pochłonięte promieniowanie słoneczne może wahać się od $5 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$, przy braku promieniowania bezpośredniego lub przy bardzo niskich położeniach tarczy słonecznej, do około $150 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$, w okresach, gdy strumień promieniowania bezpośredniego jest niezakłócony przez chmury. Szczególne znaczenie ma dopływ promieniowania bezpośredniego, które ma największy udział w promieniowaniu pochłoniętym. Gdy promienie słoneczne padają bezpośrednio na człowieka temperatura skóry może być o $3\text{--}6^\circ\text{C}$ wyższa, niż w okresach dopływu jedynie promieniowania rozproszonego. Ogólny związek pomiędzy ilością pochłoniętego promieniowania słonecznego a temperaturą skóry ilustruje rycina 15.



Ryc. 15. Związek pomiędzy zmierzoną ilością pochłoniętego promieniowania słonecznego (R) a temperaturą skóry obserwatorów (T_{sk})

Relationships between absorbed solar radiation (R) and skin temperature in man (T_{sk})

Metody mające na celu określenie ilości promieniowania pochłoniętego przez człowieka można podzielić na dwie grupy:

- metody określające efekt promieniowania pochłoniętego w $^\circ\text{C}$,
- metody określające efekt promieniowania pochłoniętego w $\text{W} \cdot \text{m}^{-2}$.

W pierwszym przypadku oblicza się tak zwaną **średnią temperaturę promieniowania** (Mrt), zaproponowaną przez P.O. Fangera (1974) do badań

w pomieszczeniach zamkniętych. Mrt odpowiada temperaturze cienkiej (mikronowej) warstewki powietrza przylegającej do powierzchni ciała i/lub odzieży. Temperatura ta kształtuje się w wyniku oddziaływania temperatury powietrza (która jest efektem długofalowej wymiany ciepła pomiędzy atmosferą i podłożem – por. rozdział 3.1.4) oraz promieniowania słonecznego pochłoniętego przez skórę i/lub odzież. Istnieją jednak udane próby zaadaptowania tej wielkości do badań w miastach (Jendritzky, Menz 1986; Jendritzky, Nübler 1981; Jendritzky, Sievers 1986; Matzarakis 2001) oraz jej obliczania na podstawie temperatury powietrza i natężenia promieniowania słonecznego (Jendritzky 1990; Skrzypski 1981, 1989). Wzór określający Mrt ma następującą postać ogólną:

$$Mrt = t + b \cdot R \quad [3.7]$$

gdzie:

b – współczynnik przeliczający natężenie promieniowania pochłoniętego na temperaturę.

Druga grupa metod obejmuje różnego rodzaju formuły określające natężenie promieniowania pochłoniętego przez człowieka (R). Bezpośrednie pomiary promieniowania pochłoniętego są bowiem podejmowane niezmiernie rzadko. Do nielicznych prób należą badania przeprowadzone w latach 1995–1997 przez K. Błażejczyka (1998a). Dlatego też powstało wiele modeli cyfrowych pozwalających na przeliczanie strumieni promieniowania słonecznego z jednostki powierzchni przyrządu pomiarowego (tzn. pyranometru, najczęściej umieszczonego w pozycji horyzontalnej) na jednostkę powierzchni ciała człowieka. Przeliczenie to opiera się na następującym wzorze ogólnym:

$$R = \Sigma (\beta \cdot K) \cdot \alpha \cdot Cl \quad [3.8]$$

gdzie:

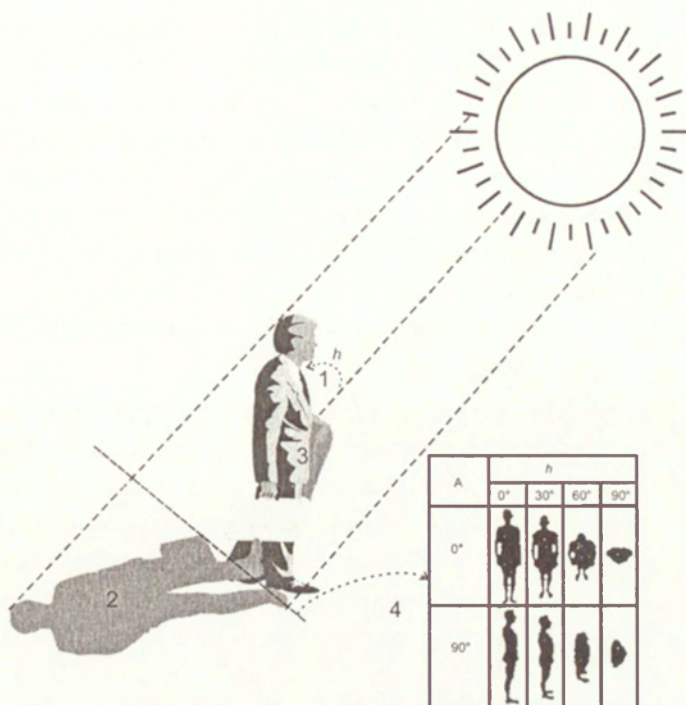
K – dowolny strumień promieniowania słonecznego,

β – współczynnik pochłaniania danego strumienia promieniowania przez człowieka,

α – parametr związany z albedo powierzchni ciała,

Cl – parametr uwzględniający osłabienie przepływu energii cieplnej przez odzież.

Badania teoretyczne i eksperymentalne prowadzone przez licznych autorów pozwoliły na zaproponowanie różnych form współczynnika β oraz parametrów α i Cl (Błażejczyk i in. 1993). W poszukiwaniu najlepszej postaci współczynnika β przyjmowano różne modele analogowe człowieka: cylinder lub elipsoidę (ryc. 16).



Ryc. 16. Różne podejścia do wyznaczenia współczynnika β służącego do obliczenia pochłoniętego promieniowania słonecznego

1 – funkcja trygonometryczna (Budyko, Cyncenko 1960; Błażejczyk 1994; Kryś, Brown 1990), 2 – funkcja wielkości cienia rzucanego przez człowieka na podłoże (Terjung, Louie 1971), 3 – funkcja powierzchni ciała, na którą padają promienie słoneczne (Breckenridge, Goldman 1971), 4 – funkcja zarysu sylwetki człowieka na powierzchni prostopadłej do promieni słonecznych: h – wysokość Słońca, A – azymut (Underwood, Ward 1966)

Various ways to assess β coefficient of absorption of solar radiation. 1 – trigonometrical function, 2 – shaded area factor, 3 – body area received solar rays, 4 – projected area factor: h – Sun altitude, A – azimuth (Underwood, Ward 1966)

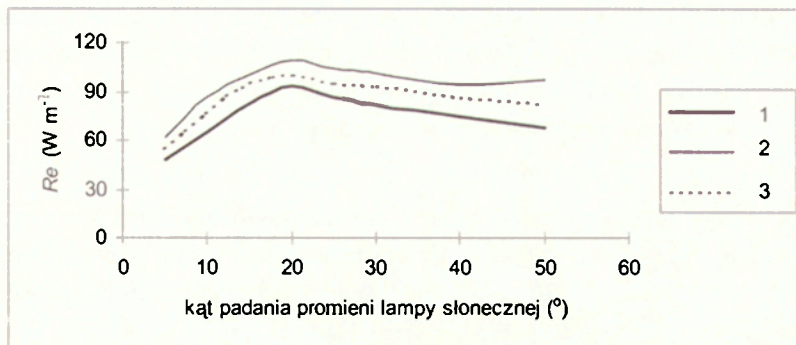
Większość modeli przyjmuje założenie, że ciało człowieka odzwierciedla geometryczny model pionowo usytuowanego cylindra (Brown, Gillespie 1986; Budyko, Cincenko 1960; Kryś, Brown 1990; Underwood, Ward 1966). Istnieje wiele różnych algorytmów, które na podstawie geometrycznych zależności pomiędzy kątem padania promieni słonecznych a powierzchnią ciała człowieka pozwalają na obliczenie natężenia promieniowania pochłoniętego (Ajzenštat 1973, 1987; Breckenridge, Goldman 1971, 1977; Budyko, Cincenko 1960; Burt i in. 1982a; Clark, Cena 1976; Freitas, Ryken 1989; Höppe 1982; Lee 1980; Morgan, Baskett 1974; Nielsen i in. 1988; Terjung 1969, 1974; Terjung, O'Rourke 1983; Tuller 1975). Badania eksperymentalne, pozwalające na wyprowadzenie wzorów empirycznych, zostały przeprowa-

dzone jedynie przez S.A. Krysa i R.D. Browna (1990). Autorzy zastosowali w swoim doświadczeniu pionowo usytuowany cylinder aluminiowy o średnicy 9,81 mm i długości 106,44 mm. W nawierconym otworze umieszczony był czujnik termometru. Powierzchnia cylindra miała albedo równe 37% i współczynnik emisyjności 0,95 (odpowiadający średniej emisyjności powierzchni ciała i odzieży). Pomiary prowadzone były w terenie otwartym, w warunkach nieba bezchmurnego i przy braku wiatru. Wyniki badań pozwoliły autorom na zaproponowanie pierwszego, empirycznego wzoru określającego natężenie promieniowania pochłoniętego przez człowieka (por. Błażejczyk i in. 1993).

W 1992 r. K. Błażejczyk, H. Nilsson i I. Holmer przeprowadzili badania ilości promieniowania słonecznego pochłoniętego przez elipsoidę (Błażejczyk 1993, 1995; Błażejczyk i in. 1998b). Ten analog ciała człowieka jest obecnie powszechnie stosowany w badaniach termofizjologicznych. Pomiary prowadzone były w komorze klimatycznej. Promieniowanie emitowała lampa jodowa, a jako czujnik pochłoniętego promieniowania słonecznego zastosowano tzw. miernik komfortu cieplnego. Jego dłuższa oś wynosiła 160 mm, a oś krótsza 54 mm. Powierzchnia czujnika miała albedo równe 30% i współczynnik emisyjności 0,95. Efekt promieniowania pochłoniętego przez czujnik był określony przez średnią temperaturę promieniowania (M_{rt}). Na podstawie prawa Stefana-Boltzmana przeliczono wartość M_{rt} na jednostki energetyczne, wyrażone w $W \cdot m^{-2}$. Największa ilość pochłoniętego przez elipsoidę promieniowania słonecznego była obserwowana przy kącie padania promieni słonecznych około 20° (ryc. 17).

Szukając jeszcze dokładniejszej metody określania ilości pochłoniętego promieniowania słonecznego podjęto badania na manekinie, który najwierniej odzwierciedla kształt ciała ludzkiego. Badania przeprowadzono na stacji badawczej IGiPZ PAN w Borowej Górze koło Warszawy. Wykonano cztery serie pomiarów: w sierpniu i październiku 1995 r., oraz w lipcu 1996 i w lipcu 1997 r. Wyniki przeprowadzonych badań pozwoliły na zaproponowanie trzech nowych modeli cyfrowych pochłoniętego promieniowania słonecznego (Błażejczyk 1998a).

Model **SolDir** jest stosowany wtedy, gdy dysponujemy danymi o natężeniu wszystkich strumieni promieniowania słonecznego (bezpośredniego, rozproszonego i odbitego od podłoża). Trzeba niestety stwierdzić, że pomiary wszystkich strumieni promieniowania słonecznego są rzadko prowadzone na stacjach meteorologicznych. Standardem meteorologicznym są natomiast pomiary promieniowania całkowitego oraz obserwacje zachmurzenia. Korzy-



Ryc. 17. Natężenie promieniowania słonecznego pochłoniętego przez odkryty eliipsoidalny model ciała człowieka (Re) przy różnym kącie padania promieni lampy słonecznej i różnej barwie podłoża. 1 – czarna, 2 – biała, 3 – zielona (Błażejczyk 1995)

Intensity of solar radiation absorbed by an ellipsoid model of man (Re) at various inclination of solar rays emitted by iodide lamp and at different colour of floor. 1 – black, 2 – white, 3 – green (Błażejczyk 1995)

stając z takich danych można obliczyć ilość promieniowania pochłoniętego przez człowieka przy pomocy modelu **SolGlob**. Gdy nie dysponujemy żadnymi danymi pomiarowymi dotyczącymi natężenia promieniowania słonecznego może być stosowany model **SolAlt**, który pozwala na oszacowanie ilości promieniowania pochłoniętego przez człowieka na podstawie informacji o wielkości zachmurzenia i wysokości Słońca. Szczegółowe wzory służące do obliczenia pochłoniętego promieniowania słonecznego zostaną przedstawione w rozdziale 6.2.1.

3.1.4. PROMIENIOWANIE DŁUGOFALOWE

Promieniowanie słoneczne jest pochłaniane nie tylko przez ciało człowieka, ale także przez powierzchniową warstwę gleby, porastającą ją roślinność oraz przez wszystkie obiekty znajdujące się w naszym otoczeniu. Ciepło zaabsorbowane przez te obiekty jest następnie emitowane do atmosfery w postaci promieniowania o długości fali od 4 do 100 μm , czyli tzw. podczerwieni dalekiej. Ten zakres promieniowania jest także nazywany **promieniowaniem długofalowym** lub promieniowaniem ciepłym. Promieniowanie długofalowe pochłaniane jest w atmosferze przez zawarte w niej: parę wodną i dwutlenek węgla, podwyższając dzięki temu temperaturę przygruntowej warstwy powietrza. Następuje również re-emisja promieniowania ciepłego z atmosfery w kierunku powierzchni ziemi i dlatego ten jego strumień nazywa się promieniowaniem zwrotnym atmosfery. Promieniowanie to jest także pochłaniane przez ciało człowieka i re-emitowane przez nie. Przemianami ciepła w pro-

mieniowanie i fal elektromagnetycznych w ciepło rządzi prawo Stefana-Boltzmana, które mówi, że każde ciało o temperaturze wyższej od zera absolutnego (0 K) emituje promieniowanie długofalowe (L_r) o natężeniu proporcjonalnym do czwartej potęgi temperatury:

$$L_r = s \cdot \sigma \cdot T^4 \quad [3.9]$$

Współczynnik emisyjności (s) jest różny dla poszczególnych powierzchni. Jego wartość przyjmowana najczęściej dla atmosfery i dla powierzchni naturalnych wynosi 0,97. Dla ciała ludzkiego współczynnik emisyjności ma wartość 0,95.

3.1.5. USŁONECZNIE

Jedną z miar oceniających wpływ promieniowania słonecznego na człowieka jest usłonecznienie, czyli okres doby, w którym do powierzchni Ziemi dociera bezpośrednie promieniowanie słoneczne. Czas usłonecznienia mierzy się przy pomocy tzw. heliografów i jest ono wyrażane w godzinach (z dokładnością do dziesiątej części godziny). Podstawowymi charakterystykami usłonecznienia są:

- **usłonecznienie rzeczywiste**, wyrażające czas, w którym promieniowanie bezpośrednie dociera do powierzchni Ziemi bez zakłóceń spowodowanych przeszkodami; archiwalne materiały heliograficzne pozwalają na obliczenie sum dziennych, dekadowych, miesięcznych i rocznych usłonecznienia oraz sum w przedziałach godzinnych, a także liczby dni z usłonecznieniem poniżej 1 godziny i powyżej 4 godzin dziennie (czas ten jest przyjmowany za dolną granicę bakteriobójczego działania promieni słonecznych).

- **usłonecznienie względne**, czyli stosunek procentowy usłonecznienia rzeczywistego do usłonecznienia astronomicznie możliwego, liczonego od wschodu do zachodu Słońca przy niebie bezchmurnym.

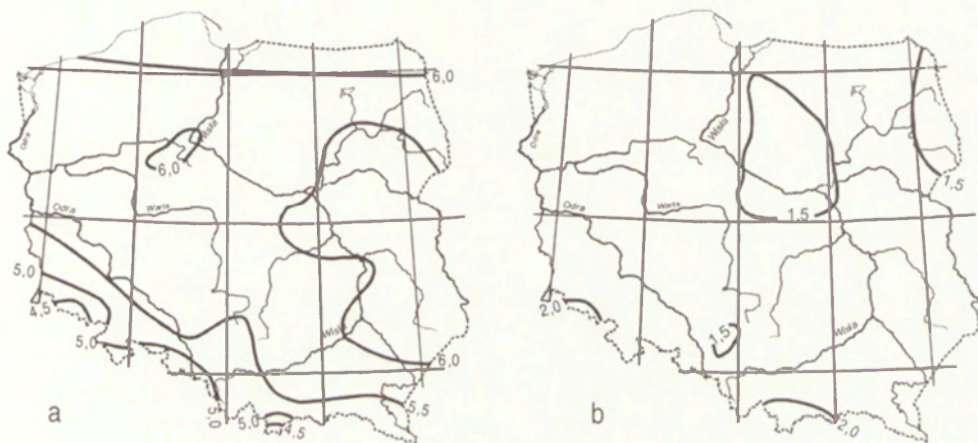
Należy przy tym pamiętać, że dla poprawnej interpretacji danych dotyczących usłonecznienia – czy to rzeczywistego, czy też względnego – należy brać pod uwagę tzw. **zasłonięcie horyzontu** poprzez różne obiekty (wzniesienia, zabudowania, drzewa itp.). Ogranicza ono czas usłonecznienia poprzez przesłonięcie promieni słonecznych podczas pozornego ruchu Słońca na nieboskłonie.

a. Usłonecznienie rzeczywiste

Sumy usłonecznienia rzeczywistego zależą od kilku czynników, a mianowicie: szerokości geograficznej i pory roku (kształtują długość dnia), zasłonięcia horyzontu (może ograniczać dopływ promieniowania bezpośredniego w różnych porach dnia, a zwłaszcza w godzinach porannych i wieczornych)

oraz od wielkości zachmurzenia. Analizując przydatność usłonecznienia do rekreacji rozpatruje się sumy usłonecznienia tylko w tych przedziałach czasowych, w których rekreanci i turyści najczęściej przebywają na otwartym powietrzu. W półroczu zimowym (październik-marzec) są to godziny od 9⁰⁰ do 15⁰⁰, a w półroczu letnim (kwiecień-wrzesień) godziny od 6⁰⁰ do 18⁰⁰.

Istnieje zależność usłonecznienia od wysokości nad poziomem morza. M. Kuczmański (1984) stwierdził, że w Polsce, w półroczu zimowym, w godzinach od 9⁰⁰ do 15⁰⁰ istnieje istotna statystycznie korelacja dodatnia, natomiast w półroczu letnim, w godzinach od 6⁰⁰ do 18⁰⁰ – korelacja ujemna. Tak więc, w półroczu zimowym lepsze warunki usłonecznienia obserwuje się w obszarach podgórskich i górskich (gdzie pułap chmur zalega często poniżej poziomu miejscowości górskich) niż na nizinach. Natomiast w półroczu letnim korzystniejsze, w zestawieniu z górami, warunki usłonecznienia panują na nizinach, a szczególnie na wybrzeżu Bałtyku (ryc. 18).



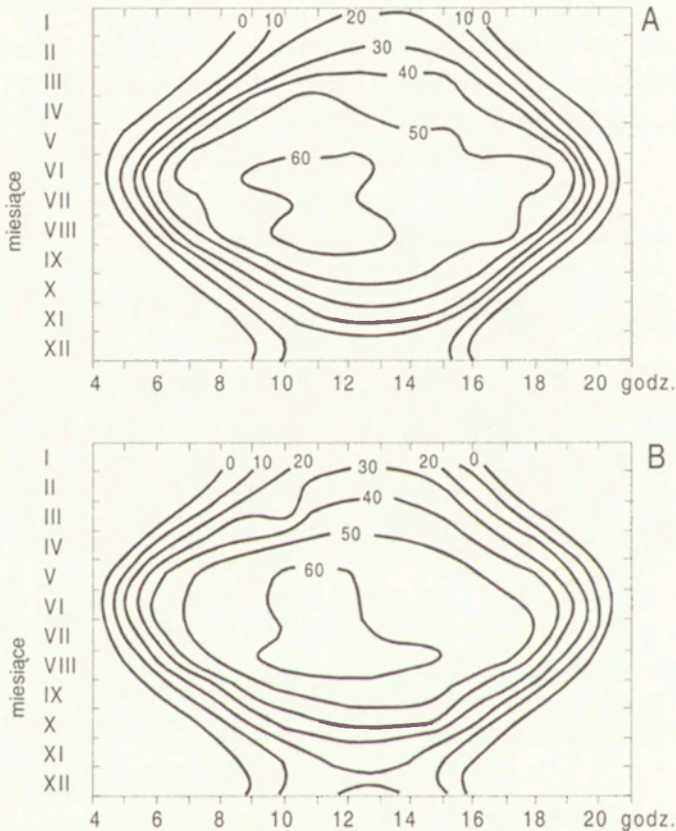
Ryc. 18. Sumy dzienne usłonecznienia rzeczywistego (godz.) w Polsce w półroczu ciepłym (a) i w półroczu chłodnym (b) (Kuczmański 1984)

Daily sums of sunshine duration (hours) in Poland in warm (a) and cool (b) half-years

b. Usłonecznienie względne

Obraz, jaki daje usłonecznienie rzeczywiste, staje się wyraźniejszy, gdy do rozważań wprowadzi się także usłonecznienie względne. Usłonecznienie względne jest dobrym wskaźnikiem – uwarunkowanym astronomicznie, geograficznie i meteorologicznie – możliwości wykorzystania promieniowania słonecznego w ciągu dnia, miesiąca lub roku do celów rekreacyjnych.

W planowaniu kąpeli słonecznych zasadniczą pomocą może być znajomość średniego usłonecznienia względnego w poszczególnych przedziałach godzinnych (Kuczmarski 1990). Na poniższym przykładzie przedstawiono helioizoplety (linie łączące punkty o takiej samej wartości usłonecznienia) usłonecznienia względnego w Warszawie. Widać wyraźnie, że przez ponad 50% przedziału godzinnego promienie słoneczne docierają do powierzchni terenu w miesiącach od kwietnia do września w godzinach od 8⁰⁰ do 16⁰⁰ lub 17⁰⁰. W tym więc okresie i w tych porach dnia warunki solarne w Warszawie są najkorzystniejsze dla kąpeli słonecznych (ryc. 19).



Ryc. 19. Usłonecznienie względne (w %) w przedziałach godzinnych dla stacji Warszawa-Międzylesie, (A, 1951–1980) i Warszawa-Bielany, (B, 1961–1990) (Błażejczyk 2002a)

Relative values of sunshine duration (%) in 1-hour intervals at Warszawa-Międzylesie (A, 1951–1980) and Warszawa-Bielany (B, 1961–1990) meteorological stations (Błażejczyk 2002a)

Najprostszym kryterium przydatności usłonecznienia w danej miejscowości do kąpieli słonecznych jest wartość usłonecznienia względnego. Można za J. Skrzypskim (1974) przyjąć następującą skalę:

Usłonecznienie względne (%)	Możliwość stosowania kąpieli słonecznych:
– poniżej 20	– mała lub żadna,
– od 20 do mniej niż 40	– mierna,
– od 40 do mniej niż 60	– umiarkowana,
– > 60,0	– dobra i bardzo dobra.

3.1.6. ZACHMURZENIE

Elementem meteorologicznym, który silnie wpływa na dopływ promieniowania słonecznego oraz na sumy usłonecznienia jest zachmurzenie. Od stopnia pokrycia nieba przez chmury zależy dopływ energii słonecznej w ciągu dnia i wypromieniowanie ciepła nocą. Wielkość zachmurzenia decyduje też o typie pogody (Woś 1999). Zależy ono od rodzaju napływających mas powietrza, od czynników lokalnych oraz od wyniesienia nad poziom morza.

W międzynarodowej klasyfikacji chmur wyróżnia się trzy podstawowe piętra chmur:

- wysokie, gdzie tworzą się chmury pierzaste (*Cirrus – Ci*, *Cirrostratus – Cs* i *Cirrocumulus – Cc*),
- średnie, gdzie powstają chmury *Altostratus (As)* i *Altostratus (As)*,
- niskie, gdzie występują głównie chmury warstwowe (*Stratus – St*, *Nimbostratus – Ns* i *Stratocumulus – Sc*).

Istnieją także chmury kłębiaste o budowie pionowej (*Cumulus – Cu* i *Cumulonimbus Cb*), których podstawa może znajdować się na wysokości około 500 m nad ziemią, a wierzchołek – nawet na wysokości 10–12 km.

Wysokość poszczególnych pięter chmur, a zwłaszcza chmur piętra wysokiego, jest odmienna w różnych strefach geograficznych (tab. 7).

Tabela 7. Wysokość występowania chmur (km) w różnych strefach geograficznych

Piętro	Chmury	Strefa geograficzna		
		polarna	umiarkowana	międzyzwrotnikowa
wysokie	<i>Ci</i> , <i>Cc</i> , <i>Cs</i>	3–8	5–13	6–18
średnie	<i>Ac</i> , <i>As</i>	2–4	2–7	2–8
niskie	<i>Ns</i> , <i>Sc</i> , <i>St</i>	< 2	< 2	< 2
chmury o budowie pionowej	<i>Cu</i> , <i>Cb</i>	rozwijają się od wysokości około 500 m do piętra wysokiego		

Występowanie różnego rodzaju chmur, a zwłaszcza ich następstwo w czasie i sąsiedztwo w przestrzeni może być wskaźnikiem nadchodzących zjawisk meteorologicznych lub zmiany warunków pogodowych.

Istnieje wyraźna korelacja zachmurzenia z wysokością nad poziomem morza: w ciepłej połowie roku – dodatnia, a w zimnej – ujemna. Rodzaj zachmurzenia zależy od pory roku. W ciepłej połowie roku przeważa zachmurzenie typu konwekcyjnego. Chmury kłębiaste tworzą się w wyniku prądów wstępujących (czyli konwekcyjnych) powstających nad silnie nagrzanymi – w wyniku dopływu promieniowania słonecznego – obszarami lądowymi. Dlatego też rozwijają się one zwykle w kilka godzin po wschodzie Słońca, a rozbudowują się maksymalnie w godzinach popołudniowych. Z tego właśnie powodu w ciepłej połowie roku bardziej usłonecznione bywają godziny przedpołudniowe niż popołudniowe. W obszarach górskich tworzeniu się chmur kłębiastych sprzyja dodatkowo wymuszane przez przeszkody orograficzne wznoszenie się prądów powietrza przepływającego nad pasmami wzniesień. Dlatego też latem zachmurzenie w górach jest w ciągu dnia z reguły większe, niż w obszarach nizinnych. W chłodnej połowie roku przeważają chmury warstwowe piętra niskiego.

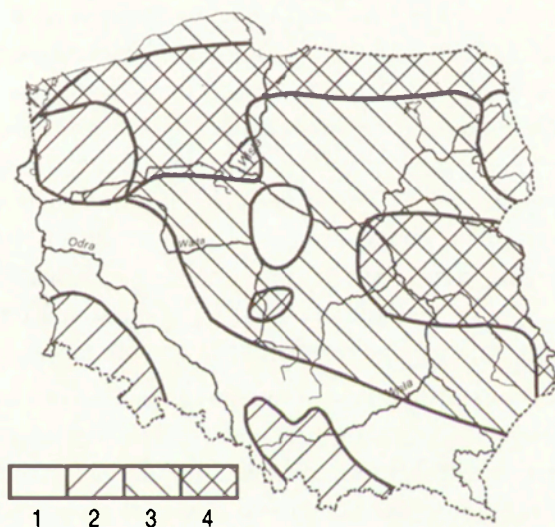
Najogólniejszą charakterystykę zachmurzenia dają wartości pokrycia nieba przez chmury, określane obecnie w skali dziewięciostopniowej, od 0 do 8, czyli w tzw. oktantach. W niektórych opracowaniach klimatycznych i informacjach pogodowych wielkość zachmurzenia może być podawana także w skali 11 stopniowej (od 0 do 10) lub w procentach (od 0 do 100%).

Wielkość i rodzaj zachmurzenia wpływają na stan psychiczny człowieka; dodatni jest wpływ jasnej, słonecznej pogody, a ujemny – pochmurnej. Dłuższe okresy pogody z zachmurzeniem całkowitym są uciążliwe psychicznie i biologicznie, z uwagi na niedobór bodźców świetlnych. Osoby, których organizm w niewystarczającym stopniu korzysta z promieniowania słonecznego, mają objawy tzw. głodu słonecznego. Objawami głodu słonecznego są między innymi: bladeść skóry, zaburzenia snu, nadmierna pobudliwość lub zmęczenie i apatia, obniżenie sprawności fizycznej i umysłowej, zmniejszenie odporności organizmu na działanie drobnoustrojów chorobotwórczych (Daniłowa 1988).

Z punktu widzenia rekreacji ważne jest określenie, przez ile dni w danej miejscowości lub w danym regionie występuje niebo bezchmurne, ile jest dni o zachmurzeniu równym i mniejszym niż 50% oraz dni o zachmurzeniu całkowitym (100%). Według kryteriów Światowej Organizacji Meteorologicznej (WMO) za dzień pogodny uważa się taki, w którym zachmurzenie średnie,

liczone z trzech podstawowych terminów obserwacyjnych (6^{00} , 12^{00} i 18^{00} czasu uniwersalnego, UTC) jest nie większe od 2, a za dzień pochmurny taki, w którym zachmurzenie średnie równe jest 8. Im więcej jest dni bezchmurnych, dni pogodnych lub z małym zachmurzeniem, tym korzystniejsze są warunki dla zażywania kąpeli słonecznych.

Ciekawej próby określenia przestrzennego zróżnicowania warunków solarnych w Polsce dokonał M. Kuczmański (1990). Zestawił on średnie roczne wartości usłonecznienia względnego i zachmurzenia dla różnych miejscowości za lata 1951–1975. Porównał je następnie z wartościami średnimi dla całego kraju, które wyniosły 66,4% w przypadku zachmurzenia i 34% w odniesieniu do usłonecznienia względnego. Określił dzięki temu 4 typy warunków insolacyjnych: o usłonecznieniu i zachmurzeniu powyżej średniej, o usłonecznieniu powyżej, a zachmurzeniu poniżej średniej, o usłonecznieniu poniżej, a zachmurzeniu powyżej średniej oraz o obu charakterystykach poniżej średniej (ryc. 20).



Ryc. 20. Typy insolacyjne na obszarze Polski (Kuczmański 1990)

1 – usłonecznienie i zachmurzenie powyżej średniej, 2 – usłonecznienie powyżej średniej, a zachmurzenie poniżej średniej, 3 – usłonecznienie poniżej średniej, a zachmurzenie powyżej średniej, 4 – usłonecznienie i zachmurzenie poniżej średniej

Types of insolation over the territory of Poland

1 – sunshine duration and cloudiness over averaged, 2 – sunshine duration over and cloudiness below averaged, 3 – sunshine duration below and cloudiness over averaged, 4 – sunshine duration and cloudiness below averaged

3.2. TEMPERATURA POWIETRZA

Pełnej oceny przydatności warunków termicznych na potrzeby rekreacji i turystyki można dokonać jedynie na podstawie analizy bilansu cieplnego człowieka (temu są poświęcone rozdziały 5–7). Niemniej jednak, pewnych, przybliżonych ocen można dokonać także na podstawie prostych wskaźników termicznych, związanych z samymi wartościami (średnimi, skrajnymi) temperatury powietrza i jej wahaniami dobowymi, międzydobowymi i sezonowymi. Przyjmuje się przeważnie następujące charakterystyki:

- częstość temperatury maksymalnej i minimalnej powietrza przekraczającej określone progi wartości,
- średnią dobową temperaturę powietrza,
- międzydobową zmienność temperatury powietrza,
- amplitudę dobową temperatury,
- zmienność temperatury pomiędzy kolejnymi terminami obserwacyjnymi i z dnia na dzień.

Na podstawie obserwacji meteorologicznych dotyczących temperatur skrajnych powietrza (maksymalnej i minimalnej) można określić, jaki jest zakres warunków termicznych w danym okresie. Szczególnie uciążliwe dla człowieka są warunki termiczne odznaczające się bardzo wysoką lub bardzo niską temperaturą powietrza. Dni, w których temperatura maksymalna (t_{max}) jest równa lub wyższa od $25,0^{\circ}\text{C}$ określa się jako **dni gorące**. Wtedy, gdy temperatura maksymalna (t_{max}) jest równa lub wyższa od $30,0^{\circ}\text{C}$ występuje **dzień upalny**. Jako **dzień mroźny** przyjmuje się taki, w którym temperatura maksymalna (t_{max}) jest niższa od $0,0^{\circ}\text{C}$, a jako **dzień bardzo mroźny** – gdy temperatura maksymalna (t_{max}) jest równa lub niższa od $-10,0^{\circ}\text{C}$.

Oceniając warunki termiczne wybranego okresu lub obszaru oblicza się częstość występowania dni z temperaturą przekraczającą podane wyżej progi. Wraz ze wzrostem częstości dni gorących, upalnych, mroźnych i bardzo mroźnych zwiększa się stopień uciążliwości warunków biotermicznych.

Bodźcowość warunków termicznych określana jest na podstawie zmienności temperatury. Zmienność tę wyznaczają różnice temperatury pomiędzy różnymi okresami. Najprostszym wskaźnikiem bodźcowości jest międzydobowa zmienność średniej dobowej temperatury powietrza (dt_s). Według E.M. Bajbakovej i in. (1963) zależność między dt_s a natężeniem bodźców termicznych jest następująca:

dt_s ($^{\circ}\text{C}$)
 < 2

Bodźce termiczne:
 – obojętne

od więcej niż 2 do 4	– odczuwalne
od więcej niż 4 do 6	– znaczne
ponad 6	– ostre, działające rozdrażniająco.

Kolejnym wskaźnikiem bodźcowości biotermicznej są zmiany temperatury powietrza między poszczególnymi terminami obserwacyjnymi (dt^*) (tzn. 6^{00} a 12^{00} oraz 12^{00} a 18^{00})². Poszczególnym przedziałom liczbowych dt^* odpowiada następujące natężenie bodźców termicznych:

dt^* (°C)	Bodźce termiczne:
od 0 do 2	– nieodczuwalne
od więcej niż 2 do 6	– słabo odczuwalne
od więcej niż 6 do 10	– umiarkowane
od więcej niż 10 do 15	– silne
ponad 15	– bardzo silne.

Innym stopniem bodźcowości warunków termicznych jest wartość dobowej amplitudy temperatury, tzn. różnicy między temperaturą maksymalną i minimalną ($dt = t_{max} - t_{min}$). Wartość dt odzwierciedla dobowe kontrasty termiczne i w istotny sposób wpływa na samopoczucie człowieka podczas rekreacji związanej z długotrwałym przebywaniem w terenie otwartym. Poszczególnym wartościom dt jest przypisane następujące natężenie bodźców termicznych:

dt (°C)	Bodźce termiczne:
poniżej 4	– obojętne
od 4 do mniej niż 8	– słabo odczuwalne
od 8 do mniej niż 12	– silnie odczuwalne
> 12	– ostre.

Oceny warunków biotermicznych można dokonywać dla poszczególnych dni, jak również określać częstość różnych wartości temperatury w dłuższych okresach obserwacyjnych.

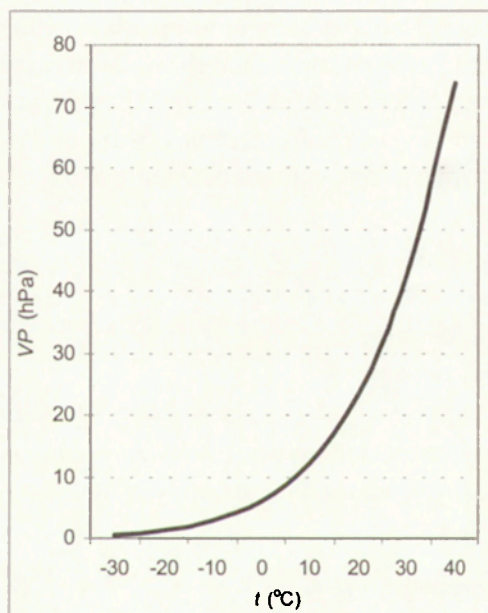
3.3. WILGOTNOŚĆ POWIETRZA

Para wodna zawarta w powietrzu odgrywa istotną rolę w kształtowaniu wielu procesów w atmosferze (np. dzięki jej zdolnościom pochłaniania promieniowania słonecznego i promieniowania ciepłego następuje nagrzewanie się powietrza). Jest także ważnym czynnikiem kształtującym odczucia cieplne człowieka. Wysoka wilgotność powietrza powoduje zakłócenia w pro-

² Obserwacje meteorologiczne są na większości stacji prowadzone trzykrotnie w ciągu dnia, o godzinie 6^{00} , 12^{00} i 18^{00} czasu uniwersalnego (UTC); w Polsce odpowiada to godzinom 7^{00} , 13^{00} i 19^{00} czasu zimowego (środkowoeuropejskiego CMT) oraz 8^{00} , 14^{00} i 20^{00} czasu letniego (wschodnioeuropejskiego EET)

cesie oddawania ciepła z organizmu człowieka do otoczenia poprzez parowanie. Powoduje ona także potęgowanie się odczucia zimna i chłodu przy niskiej temperaturze powietrza oraz nasilenie się odczucia gorąca przy wysokiej temperaturze otoczenia. Niska wilgotność powietrza może natomiast intensyfikować proces strat wody z organizmu.

Podstawową charakterystyką wilgotności powietrza jest ciśnienie pary wodnej (vp), które w starszych publikacjach bywało nazywane „prężnością pary wodnej”. Mówi ono, jakie ciśnienie wywiera para wodna zawarta w słupie powietrza na jednostkę powierzchni. Należy pamiętać, że ilość pary wodnej w powietrzu jest zależna od jego temperatury. W temperaturze -30°C w powietrzu może znaleźć się maksymalnie taka ilość pary wodnej, która wywiera ciśnienie $0,5\text{ hPa}$, natomiast w temperaturze $+40^{\circ}\text{C}$, w tej samej masie powietrza, może pomieścić się para wodna wywierająca ciśnienie blisko 74 hPa (ryc. 21).



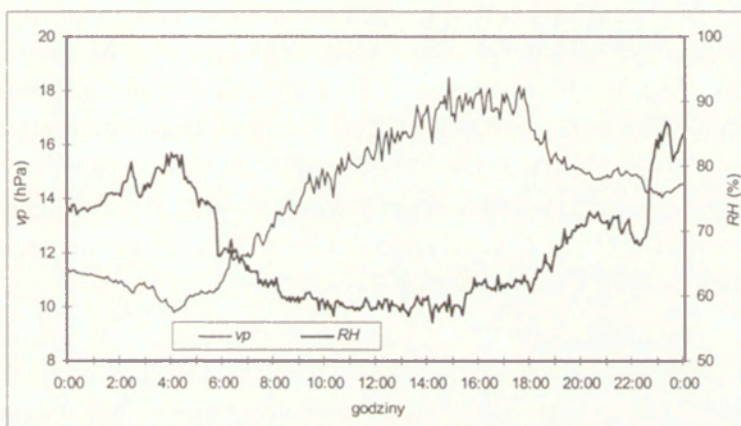
Ryc. 21. Maksymalne wartości ciśnienia pary wodnej (VP) w różnej temperaturze powietrza (t)
Maximal values of vapour pressure (VP) at various air temperature (t)

Aktualne ciśnienie pary wodnej jest prostym wskaźnikiem parności, uczucia uciążliwego dla człowieka, które powoduje trudności w oddychaniu i w odprowadzaniu ciepła z ustroju (co w skrajnych przypadkach może doprowadzić do udaru cieplnego) oraz powoduje znaczne obciążenie pracy serca. Według tzw. kryterium Scharlau'a za dzień pary uznaje się taki, w którym choćby w jednym terminie obserwacyjnym vp jest równa lub wyższa od $18,8\text{ hPa}$. Kryterium K. Scharlau'a odnosi się do człowieka stojącego lub wykonującego lekką pracę (Kozłowska-Szczęsna i in. 1997).

Najczęściej używaną charakterystyką warunków wilgotnościowych (higrycznych) jest **wilgotność względna powietrza (RH)**. Wyraża ona w procentach zawartość pary wodnej w jednostce objętościowej atmosfery w stosunku do maksymalnie możliwej jej zawartości w danej temperaturze (ryc. 21).

$$RH = vp/VP \cdot 100 \quad [3.10]$$

Wtedy, gdy aktualne ciśnienie pary wodnej w powietrzu (vp) jest równe jego zawartości maksymalnej (VP) mówimy o pełnym nasyceniu powietrza parą wodną; jego wilgotność względna wynosi wtedy 100%. Z sytuacją taką mamy do czynienia podczas ciągłych opadów deszczu, a niekiedy także – w godzinach nocnych i porannych. W warunkach klimatycznych Polski, w godzinach nocnych wilgotność względna wzrasta z reguły do 85–95%, natomiast w ciągu dnia spada do 40–60% (ryc. 22).



Ryc. 22. Przebieg dzienny wilgotności względnej powietrza (RH) i ciśnienia pary wodnej (vp) podczas pogodnego dnia letniego, Krasnobród, 11 lipca 2000

Daily course of relative humidity (RH) and actual vapour pressure (vp) during sunny, summer day, Krasnobród, 11 July 2000

Najprostszym kryterium oceny warunków wilgotnościowych atmosfery jest wartość wilgotności względnej powietrza (Bokša, Boguckij 1980):

RH (%)	Odczucie wilgotności:
poniżej 56	– powietrze suche
od więcej niż 56 do 70	– powietrze umiarkowanie suche
od więcej niż 70 do 85	– powietrze wilgotne
od więcej niż 85	– powietrze bardzo wilgotne.

Analizując wartości RH zamieszczone na rycinie 22 można stwierdzić, że przez prawie cały dzień, pomiędzy godziną 6⁰⁰ a 19³⁰ ludzie mogli odczuwać powietrze jako umiarkowanie suche. Niekorzystne dla spacerów były godziny

wieczorne, gdyż powietrze było odczuwane jako wilgotne, a od godziny 23-ej nawet jako bardzo wilgotne. Podobnie analizować można również wartości średnie miesięczne *RH*.

Do celów bioklimatycznych stosuje się również dwa inne wskaźniki oparte na wartościach ciśnienia pary wodnej. Pierwszym jest **wilgotność fizjologiczna** (*Ff*), która wyraża w procentach stosunek ciśnienia pary wodnej w danej temperaturze (*vp*) do ciśnienia pary wodnej nasyconej w temperaturze ciała człowieka ($E_{36,5}$) wynoszącego 60,9 hPa:

$$Ff = 100 \cdot vp / 60,9 \quad [3.11]$$

Wartości *Ff* wzrastają wraz ze wzrostem ciśnienia pary wodnej i wskazują na stopień uwilgocenia powietrza w odniesieniu do poziomu dopuszczalnego fizjologicznie. Wartość wilgotności fizjologicznej równa 100% występuje wtedy, gdy ciśnienie pary wodnej w powietrzu jest równe ciśnieniu pary wodnej na powierzchni skóry o temperaturze 36,5°, całkowicie pokrytej warstwą potu. W takich warunkach odparowanie potu jest niemożliwe, co może prowadzić do udaru cieplnego. Na szczęście, w warunkach klimatycznych Polski sytuacje takie praktycznie się nie pojawiają. Można się z nimi natomiast zetknąć dość często w strefie wilgotnego klimatu równikowego.

Drugi ze wskaźników to **niedosyt fizjologiczny** (*Df*), rozumiany jako różnica między ciśnieniem pary wodnej nasyconej w temperaturze 36,5°C i aktualnym ciśnieniem pary wodnej:

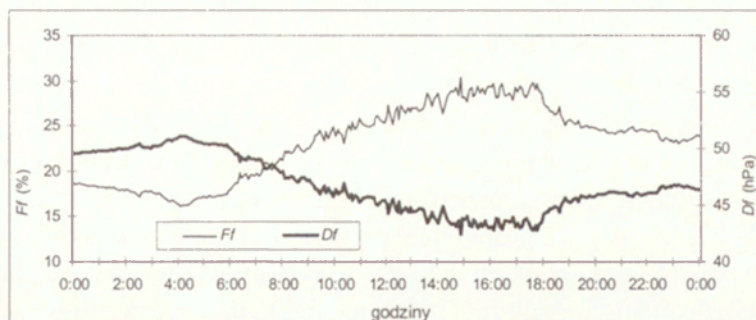
$$Df = 60,9 - vp \quad [3.12]$$

Wartości *Df* są wskaźnikiem wielkości parowania z płuc i górnych dróg oddechowych. W ujemnej temperaturze powietrza i niskiej jego wilgotności taka forma oddawania ciepła może stanowić nawet 10–15% strat ciepła z organizmu człowieka (Krawczyk 1993). Wartościom *Df* przypisuje się następujące stopnie odczucia wilgotności:

<i>Df</i> (hPa)	Odczucie wilgotności:
poniżej 45	– parno
od 45 do mniej niż 53	– przyjemnie, komfort
od 53	– sucho.

Przykład przebiegów dobowych wilgotności fizjologicznej (*Ff*) oraz niedosytu fizjologicznego (*Df*) podczas ciepłego, pogodnego dnia letniego w Polsce południowo-wschodniej ilustruje rycina 23. Niedosyt fizjologiczny wahał się od 43 hPa w godzinach popołudniowych do około 51 hPa w godzinach przed wschodem Słońca. Pomiedzy godziną 12⁰⁰ a 18⁰⁰ wartości *Df* były niższe od 45 hPa wskazując na występowanie odczucia parności. Wilgotność fizjo-

logiczna wahała się od około 15% w godzinach porannych do prawie 30% po południu. Inne wskaźniki ilustrujące obciążenia termiczno-wilgotnościowe organizmu zostaną przedstawione w dalszych rozdziałach książki.



Ryc. 23. Niedosyt fizjologiczny (Df) oraz wilgotność fizjologiczna (Ff) podczas pogodnego dnia letniego, Krasnobród, 11 lipca 2000 r.

Physiological vapour deficit (Df) and physiological humidity (Ff) during sunny, summer day, Krasnobród, 11 July 2000

3.4. RUCH POWIETRZA

Ruch powietrza nie tylko oddziałuje mechanicznie na człowieka, ale jest także ważnym czynnikiem – obok temperatury powietrza i promieniowania słonecznego – kształtującym subiektywne odczucia komfortu lub dyskomfortu termicznego. Silny wiatr przy niskiej temperaturze, jak i słaby ruch powietrza przy wysokiej temperaturze (zwłaszcza podczas dużej wilgotności powietrza) mogą powodować zakłócenia w bilansie cieplnym człowieka.

Na potrzeby bioklimatologii człowieka przyjmuje się klasyfikację prędkości wiatru K. Knocha (cyt. Jankowiak, Parczewski, red. 1978). Klasyfikacja ta może mieć także zastosowanie przy analizie wpływu warunków wietrznych (anemologicznych) na rekreację i turystykę. Wiatr w następujących przedziałach prędkości jest odczuwany jako:

v ($m \cdot s^{-1}$)	Odczucie prędkości wiatru:
od 0 do 1	– cisza
od więcej niż 1 do 4	– słaby
od więcej niż 4 do 8	– umiarkowany
od więcej niż 8	– silny.

W analizach bioklimatycznych należy przede wszystkim zwracać uwagę na dwa zakresy prędkości wiatru: o prędkości $< 1 m \cdot s^{-1}$ oraz $> 8 m \cdot s^{-1}$. Im większa jest liczba przypadków ciszy lub wiatru silnego w poszczególnych terminach obserwacyjnych tym większych ograniczeń dla rekreacji i turystyki

należy się spodziewać. Cisze atmosferyczne sprzyjają stagnacji powietrza i zawartych w nim wszelkich zanieczyszczeń. Poza tym występują wtedy zakłócenia w oddawaniu ciepła z organizmu człowieka do otoczenia, co może prowadzić do przegrzania ustroju. Natomiast podczas silnych wiatrów dochodzi do nadmiernego ochładzania powierzchni ciała, czego skutkiem bywa wychłodzenie organizmu.

Inną klasyfikację prędkości wiatru zaproponował W. Parczewski (1961). Oparta jest ona na założeniu, że znamienne wzrost **ruchów turbulencyjnych powietrza** następuje wraz z przekroczeniem dwóch progów prędkości: $4 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ oraz $9\text{--}10 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ (tab. 8). Mają one wpływ na występowanie takich zjawisk atmosferycznych jak: mgła, rosa, szron, a także na zmianę wartości dobowej amplitudy temperatury powietrza. Jak podaje W. Parczewski mgły radiacyjne nie tworzą się gdy prędkość wiatru przekracza średnio $4 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, a mgły adwekcyjne gdy wiatr jest silniejszy od średnio $9 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$.

Tabela 8. Klasyfikacja prędkości wiatru (Parczewski 1961)

Prędkość wiatru ($\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$)	Charakterystyka wiatru	Intensywność turbulencji
od 0 do 0,3	cisza	brak
od więcej niż 0,3 do 2 od więcej niż 2 do 4	bardzo słaby słaby	słaba
od więcej niż 4 do 7 od więcej niż 7 do 10	umiarkowany dość silny	umiarkowana
od więcej niż 10 do 15 od więcej niż 15 do 20	silny bardzo silny	silna
od więcej niż 20	wichura	bardzo silna

Podana wyżej klasyfikacja prędkości wiatru dotyczy wysokości 10–20 m nad poziomem gruntu (na tej bowiem wysokości znajdują się wiatromierze na stacjach meteorologicznych). Na wysokości 2 m nad poziomem gruntu prędkość wiatru jest mniejsza (np. prędkości wiatru $8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, zmierzonej wiatromierzem, odpowiada $5\text{--}6 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ na wysokości 2 m). Do szczegółowych analiz bioklimatycznych warunków wietrznych (anemologicznych) należy zredukować prędkość wiatru do poziomu 1,2 m, na którym znajduje się tułów dorosłego, stojącego człowieka. Przy redukcji prędkości wiatru można skorzystać z następującego wzoru (Liopo, Cycenko 1971):

$$v_z = v_w \cdot (h_z / h_w)^{0,2} \quad [3.13]$$

gdzie:

v_z – prędkość wiatru na wysokości z ,

v_w – prędkość wiatru na wysokości wiatromierza,

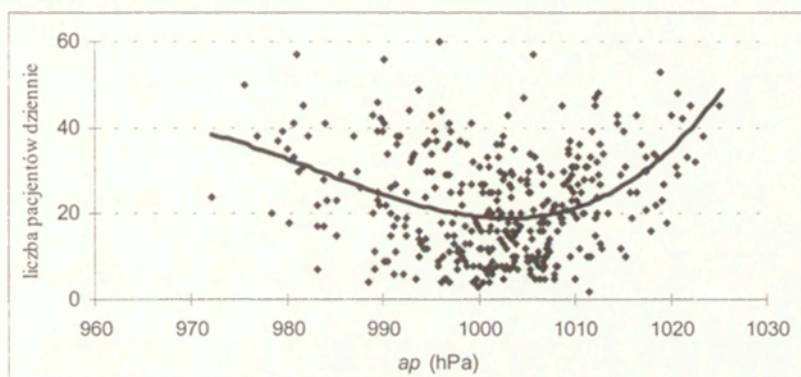
h_z – badana wysokość z ,

h_w – wysokość wiatromierza.

Gdy nie mamy informacji o wysokości wiatromierza, WMO proponuje uproszczony sposób redukcji prędkości wiatru, polegający na przemnożeniu prędkości wiatru obserwowanej na wiatromierzu przez współczynnik 0,66.

3.5. CIŚNIENIE ATMOSFERYCZNE

Ciśnienie atmosferyczne oraz jego okresowe wzrosty i spadki powodują w organizmie człowieka różne reakcje fizjologiczne. Ich dokładny mechanizm nie jest jeszcze do końca poznany. Należy zwrócić uwagę na związek ciśnienia atmosferycznego i występowania niedomagań układu oddechowego obserwowany wśród pacjentów jednej z przychodni lekarskich na warszawskim Grochowie (Błażejczyk i in. 1998a) (ryc. 24).



Ryc. 24. Wpływ ciśnienia atmosferycznego (ap) na liczbę pacjentów z niedomaganiem układu oddechowego w Warszawie, 1994–1995.

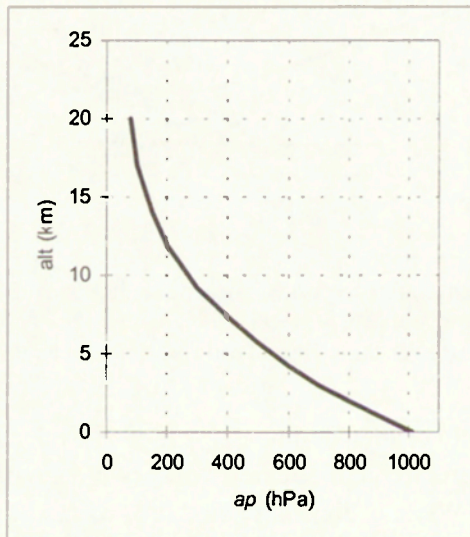
Influence of air pressure (ap) on the number of patients of circulatory diseases, Warsaw, 1994–1995

Okresowe zmiany ciśnienia atmosferycznego są odczuwane jako ucisk, kłucie, dzwonienie w uszach. Niekiedy obserwuje się nawet przejściowe osłabienie słuchu. Wiele osób skarży się także na zakłócenia pracy serca, wahania ciśnienia krwi oraz na uczucie zdenerwowania lub niepokoju. Stopień odczucia wahań ciśnienia atmosferycznego zależy od ich wielkości. Zmiany średniej dobowej wartości ciśnienia (dp) są odczuwane następująco (Bokša, Boguckij 1980):

dp (hPa)	Odczucie zmian ciśnienia:
poniżej 4	– zmiany słabe
od 4 do mniej niż 8	– zmiany umiarkowane
powyżej 8	– zmiany silnie.

Należy pamiętać, że w miarę wzrostu wysokości nad poziom morza następuje obniżenie ciśnienia atmosferycznego o około 1,3 hPa na każde 10 m wzniesienia. W wysokich górach gradient pionowy ciśnienia może nawet wynosić 1,5–1,7 hPa na 10 m (ryc. 25).

Wraz ze spadkiem ciśnienia w górach następuje zmniejszenie się zawartości tlenu w powietrzu (por. ryc. 7). Dlatego też powyżej 4 000 m n.p.m. oddychanie jest utrudnione, wzrasta intensywność pracy serca, a krok staje się powolny i ciężki. Powyżej 7 000 m n.p.m. gęstość atmosfery jest tak mała, że oddychanie zawartym w niej powietrzem jest dla większości ludzi praktycznie niemożliwe i należy stosować aparaty tlenowe. Wprawdzie po dłuższym pobycie w górach organizm adaptuje się do zmniejszonego ciśnienia poprzez zwiększenie ilości krwinek czerwonych, niemniej jednak przebywanie w środowisku wysokogórskim może prowadzić do choroby wysokościowej, której bezpośrednią przyczyną jest niedotlenienie mózgu.



Ryc. 25. Zmiany ciśnienia atmosferycznego (*ap*) wraz z wysokością (*alt*)
Changes of air pressure (*ap*) due to altitude (*alt*)

3.6. ZJAWISKA METEOROLOGICZNE

Na możliwość i efektywność rekreacji i turystyki wpływają także zjawiska meteorologiczne, czyli tzw. meteory. Obserwuje się je nie przy użyciu przyrządów pomiarowych, ale za pomocą zmysłów. Wyróżnia się cztery grupy zjawisk: hydrometeory, litometeory, fotometeory i elektrometeory. **Hydrometeory** wiążą się z obecnością w powietrzu wody w stanie stałym lub ciekłym. **Litometeory** związane są z zawartością w powietrzu drobnych cząstek stałych unoszonych przez wiatr. Źródłem **fotometeorów** jest promieniowanie słoneczne przenikające przez atmosferę ziemską. **Elektrometeory** są widzialnym lub słyszalnym przejawem elektryczności atmosferycznej. Zarówno sam fakt wystąpienia zjawiska jak i jego intensywność określa się w sposób subiektywny. Dla większości zjawisk stosuje się 3-stopniową gradację ich natężenia (Kosowska-Cezak i in. 2000).

Najliczniejszą grupę stanowią hydrometeory, do których zalicza się między innymi: deszcz, mżawkę, śnieg, krupy śnieżne, mgłę, zamieć śnieżną, rosę, szron, sadz (szadz), gołoledź. Znacznie rzadziej obserwuje się litometeory: zmętnienie, dymy oraz wiry pyłowe i piaskowe. O zjawiskach optycznych w atmosferze, związanych z fotometeorami (tęcza, halo, wieniec, gloria, zielony błysk) i elektrometeorami (błyskawice, zorza polarna) i ich znaczeniu dla rekreacji pisano już w rozdziale 3.1.2.

Spośród hydrometeorów największy wpływ na przebieg rekreacji w terenie otwartym mają **opady atmosferyczne**. Poza rodzajem i intensywnością opadów ważnym kryterium ich oceny z punktu widzenia rekreacji i turystyki są: sumy (dobowe, miesięczne, roczne), częstość pojawiania się oraz czas trwania. Jako dzień z opadem przyjmuje się dzień, w który suma opadu wyniosła co najmniej 0,1 mm. Wyróżnia się także dni z sumą dobową wynoszącą co najmniej 1, 10 i 20 mm. Częstość występowania dni z podanymi wyżej sumami opadów jest ważnym wskaźnikiem przydatności warunków klimatycznych do rekreacji i turystyki. Bardzo ważną charakterystyką warunków opadowych jest czas trwania opadu w ciągu dnia. Należy bowiem pamiętać, że często – zwłaszcza latem – intensywne opady deszczu mogą dawać sumy dobowe przekraczające 10 mm. Niemniej czas trwania tych opadów bywa często krótki, rzędu 30–60 minut; pozostała część dnia może być w pełni wykorzystywana dla rekreacji. Natomiast opady mżawki lub słabego deszczu, trwające wiele godzin lub nawet cały dzień mogą dawać dobowe sumy opadu wynoszące 1–5 mm, a korzystanie z rekreacji jest w takich warunkach bardzo utrudnione. Uzyskanie informacji o czasie trwania opadu wymaga analizy źródłowych, meteorologicznych materiałów obserwacyjnych (codzienne zapisy

o zjawiskach meteorologicznych, pasków pluwiografów lub cyfrowych rejestrów automatycznych deszczomierzy).

Ważnym dla rekreacji i turystyki rodzajem opadu jest śnieg. W czasie opadu śnieżnego ma miejsce podobne ograniczenie możliwości rekreacji, jak w trakcie opadu deszczu. Pozytywne są jednak skutki opadów śniegu. **Pokrywa śnieżna** ma duże znaczenie psychofizyczne. Sprzyja łagodzeniu stresów i napięć oraz wywołuje pozytywne wrażenia estetyczne. Gdy grubość pokrywy śnieżnej przekracza 10 cm, powstają dogodne warunki do uprawiania narciarstwa biegowego i turystyki narciarskiej, a gdy warstwa śniegu jest grubsza od 20 cm, istnieją warunki sprzyjające narciarstwu zjazdowemu (Łobożewicz 1979). Sama jednak decyzja o udostępnieniu tras biegowych i zjazdowych musi się opierać nie tylko na grubości śniegu, ale uwzględniać także jego wilgotność, uwarstwienie i stopień przylegania do podłoża, aby zminimalizować zagrożenie lawinowe. W większości górskich ośrodków narciarskich prowadzi się stały monitoring stanu pokrywy śnieżnej. Niestety, nie wszyscy turyści i narciarze respektują informacje o zagrożeniu lawinowym, co często prowadzi do tragedii w górach. Informacje o występowaniu pokrywy śnieżnej oraz o jej grubości są dostępne w bazach danych meteorologicznych, a w okresie zimowym są także na bieżąco podawane w prognozach meteorologicznych.

Z występowaniem pokrywy śnieżnej wiążą się jeszcze inne zjawiska ograniczające możliwości rekreacji, a mianowicie **zawieje i zamiecie śnieżne**. O zamieciach mówimy wtedy, gdy silny wiatr unosi w powietrze cząsteczki śniegu. Podczas zawiei w powietrzu unoszą się zarówno poderwane z powierzchni ziemi cząstki śniegu, jak i niesiony przez wiatr świeży opad śniegu.

Z bioklimatycznego punktu widzenia negatywnie oceniane są **mgły**, czyli zawieszone w powietrzu mikroskopijne kropelki wody. Mgły sprzyjają utrzymywaniu się w powietrzu zanieczyszczeń pyłowych i gazowych oraz ograniczają dopływ bezpośredniego promieniowania słonecznego. W obszarach zurbanizowanych mgła w połączeniu z zanieczyszczeniami powietrza może tworzyć tzw. smog, który jest bardzo niebezpieczny dla zdrowia ludzi. Wyróżnia się dwa podstawowe rodzaje mgły: radiacyjną i adwekcyjną. **Mgła radiacyjna** tworzy się w wyniku intensywnego wychładzania się podłoża atmosfery w pogodne noce w wyniku wypromieniowania ciepła. Na granicy zimnego powietrza znajdującego się w warstwie przygruntowej i stosunkowo ciepłego powietrza leżącego powyżej niego powstają dogodne warunki do skroplenia się pary wodnej zawartej w powietrzu i powstania mgły. Mgły radiacyjne powstają najczęściej w wilgotnych zagłębieniach terenu oraz na

brzegach rzek i zbiorników wodnych. W ciągu dnia, na skutek dopływu promieni słonecznych następuje podwyższenie się temperatury powietrza i ponowne przekształcenie się drobin wody w parę wodną (Błażejczyk, Grzybowski 1994). Stąd też mgły radiacyjne powodują największe ograniczenia dla rekreacji w godzinach wieczornych, nocnych i porannych, co może odgrywać ważną rolę przy planowaniu pól biwakowych, turystyce wędkarskiej oraz samochodowej. **Mgły adwekcyjne** wiążą się natomiast z napływem nad dany obszar wilgotnej i ciepłej masy powietrza. W wyniku zetknięcia się jej ze stosunkowo chłodnym powietrzem zalegającym przy powierzchni ziemi tworzy się gruba, długo utrzymująca się warstwa mgły, której nie są w stanie zlikwidować promienie słoneczne. Charakterystykami klimatycznymi są: liczba dni z mgłą oraz czas jej utrzymywania podawany jest w godzinach lub w liczbie terminów obserwacyjnych z tym zjawiskiem atmosferycznym.

Rosa, jest to osad kropelek wody tworzący się – wskutek kondensacji pary zawartej w powietrzu – na powierzchni gruntu oraz na przedmiotach i roślinach znajdujących się przy gruncie. Najczęściej powstaje w wyniku nocnego wypromieniowania ciepła. Pojawia się także wówczas, gdy ciepłe i wilgotne powietrze napływa nad wychłodzone podłoże. Rosa może stanowić znaczne utrudnienie dla tych form rekreacji, które wiążą się z całonocnym pobytem w terenie (np. biwaki).

Takie zjawiska meteorologiczne jak **szron** (czyli osad lodu o wyglądzie krystalicznym, tworzący się w podobnych warunkach jak rosa, ale w temperaturze poniżej 0°C) czy **sadź** (czyli osad lodu, który powstaje na skutek szybkiego zamarzania przechłodzonych kropelek mgły lub chmury na powierzchni gruntu lub przedmiotach o temperaturze poniżej 0°C) nie oddziałują bezpośrednio na warunki rekreacji i turystyki. Z uwagi na swe walory estetyczne mogą jednak pozytywnie wpływać na samopoczucie rekreatantów, podobnie jak zjawiska optyczne omówione w rozdziale 3.1.2.

4. ZESPOŁOWE WSKAŹNIKI BIOMETEOROLOGICZNE I BIOKLIMATYCZNE

Przedstawione wyżej charakterystyki warunków bioklimatycznych opierają się na analizie pojedynczych wielkości lub zjawisk meteorologicznych. Trzeba jednak pamiętać, że na człowieka oddziałuje cały zespół czynników meteorologicznych. Dlatego więc od początku XX wieku trwały poszukiwania zespołowego wskaźnika obrazującego wpływ na organizm różnych elementów meteorologicznych, przede wszystkim: temperatury i wilgotności powietrza, promieniowania słonecznego i prędkości wiatru. Poszukiwania toczyły się dwoma torami, tworząc:

- przyrząd (analog ciała człowieka), na którego wskazania wpływałyby różne elementy pogody,
- wzór matematyczny, w skład którego wchodziłyby wartości różnych elementów meteorologicznych, a wartość wynikowa byłaby wskaźnikiem odczuwalności cieplnej człowieka.

Należy podkreślić, że badania bioklimatyczne powinny się opierać na analizie chwilowych stanów atmosfery, rozpatrywanych z punktu widzenia ich oddziaływania na organizm człowieka. Zarówno wyniki pomiarów przyrządami analogowymi, jak i wskaźniki obliczone na podstawie licznych wzorów empirycznych mają charakter wskaźników biometeorologicznych. Ich wartości chwilowe mówią o natężeniu bezpośrednich lub pośrednich oddziaływań atmosfery na człowieka. W niektórych krajach (np. USA, Kanada) prognozy pogody są wzbogacane o informacje dotyczące warunków biometeorologicznych. Dokonywane na bieżąco pomiary lub obliczenia wskaźników biometeorologicznych mogą być w ośrodkach rekreacyjno-turystycznych cennym uzupełnieniem informacji o warunkach zdrowego i efektywnego wypoczynku.

W opracowaniach bioklimatycznych, opierających się na wieloletnich ciągach codziennych danych obserwacyjnych, należy natomiast zwrócić uwagę nie tylko na uśrednione wartości wskaźników biometeorologicznych, ale przede wszystkim na powtarzalność konkretnych stanów atmosfery oraz na możliwy zakres ich wahań. W odniesieniu do większości wskaźników biometeorologicznych opracowane są specjalne skale ilustrujące ich oddziaływanie na organizm człowieka. Przedmiotem opracowań bioklimatycznych są zatem:

- 1) analiza średnich wieloletnich wartości przyjętych do badań wskaźników,
- 2) analiza możliwych wahań danego wskaźnika (na podstawie jego wartości skrajnych),
- 3) frekwencja różnych sytuacji biometeorologicznych, scharakteryzowanych za pomocą przyjętych wskaźników.

Do ogólnej oceny warunków bioklimatycznych wykorzystuje się niekiedy średnie miesięczne wartości elementów meteorologicznych i na ich podstawie oblicza się wartości wybranych wskaźników. W opracowaniach takich wskaźniki ilustrują ogólne cechy bioklimatu jakiegoś obszaru lub okresu, a wartości wskaźników nie można odnosić do konkretnych reakcji fizjologicznych człowieka.

W dalszej części rozdziału 4 przedstawione zostaną tylko te wskaźniki biometeorologiczne, które mogą być z powodzeniem używane zarówno w badaniach naukowych, jak i w codziennej praktyce do określania warunków wypoczynku, rekreacji i turystyki. Należy jednak pamiętać, że wskaźniki te nie są bezpośrednio powiązane z fizjologicznymi reakcjami organizmu człowieka. Wskaźniki i charakterystyki uwzględniające fizjologiczne interakcje pomiędzy człowiekiem a atmosferą zostaną przedstawione w rozdz. 6 i 7.

4.1. WSKAŹNIKI WYZNACZANE METODAMI POMIAROWYMI

Przy konstruowaniu przyrządów mających służyć ocenie oddziaływania kilku czynników meteorologicznych na organizm człowieka zakładano, że powierzchnia przyrządu podlega takim samym procesom wymiany ciepła jak powierzchnia ciała człowieka. Najczęstszymi kształtami przyrządów były kula i walec.

Jednym z pierwszych przyrządów tego typu był **katatermometr**, skonstruowany przez L. Hilla w 1913 r. Katatermometr to termometr alkoholowy ze zbiorniczkiem w kształcie walca, o powierzchni 23 cm^2 (średnica około 12 mm i wysokości około 34 mm) (ryc. 26). Przy jego pomocy mierzy się tzw. wielkość ochładzającą powietrza, która ujmuje łączne działanie na człowieka temperatury powietrza i prędkości ruchu powietrza. Wielkość ochładzająca powietrza (H), zwana również ochładzaniem biologicznym, jest proporcjonalna do ilości ciepła, którą jednostka powierzchni katatermometru (1 cm^2) oddaje otoczeniu w ciągu 1 sekundy poprzez turbulencyjną wymianę ciepła jawnego:

$$H = G / \tau \quad [4.1]$$

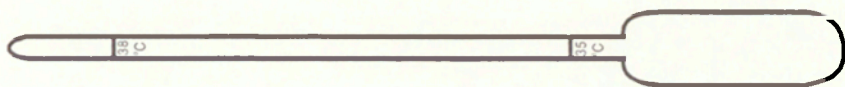
gdzie:

τ – czas ochładzania katatermometru (s),

G – stała katatermometru (mcal cm^{-2}).

W celu wyrażenia wielkości ochładzającej powietrze w jednostkach SI ($\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$), gdy stała katatermometru wyznaczona jest w $\text{mcal}\cdot\text{cm}^{-2}$, należy użyć skaną wartość H pomnożyć przez 41,868.

Zmierzona wartość ochładzania nie jest równoznaczna ze stratami ciepła z powierzchni ciała człowieka. Jest ona jednak wskaźnikiem przydatnym do oceny odczuć cieplnych ludzi w ruchu, ubranych stosownie do pory roku. Wielkość ochładzającą powietrza można także obliczyć na podstawie wzorów empirycznych opracowanych także przez L. Hilla. Skala, pozwalająca na określenie odczuć cieplnych na podstawie wartości H , jest podana w rozdziale 4.2.1.



Ryc. 26. Katatermometr Hilla
Kata-thermometer of Hill

Zbiorniczek katatermometru ma kształt walca i jest wypełniony zabarwionym alkoholem. Na połączonej z nim kapilarze są zaznaczone dwa punkty oznaczone 38°C i 35°C oraz jest tam też wytrawiona, w celach informacyjnych, wartość stałej katatermometru. Przyrząd jest zawieszony na specjalnym uchwycie pokazanym na rycinie. Pomiar rozpoczyna się od podgrzania – przy pomocy gorącej wody – alkoholu w zbiorniczku do temperatury około 40°C . Po wytarciu zbiorniczka do sucha mierzymy czas, w którym alkohol ochłodzi się z 38 do 35°C .

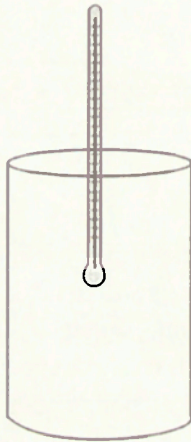
Pomiar może być także prowadzony przy pomocy katatermometru zwilżonego (zbiorniczek przyrządu owinięty jest muślinem). Mierzemy wtedy tzw. ochładzanie wilgotne (H_w), które jest miarą utraty ciepła ze zwilżonej i obnażonej powierzchni ciała człowieka, a więc uwzględnia oprócz turbulencyjnej wymiany ciepła jawnego również ciepło utajone.

Wskazówki metodyczne dotyczące pomiarów wielkości ochładzającej powietrza można znaleźć w pracach K. Błażejczyka (1980b) oraz H. Dubaniewicz i in. (1988).

W 1925 r. C. Dorno i R. Thilenius skonstruowali **frygorymetr**, którego czujnik stanowi poczniona miedziana kula o średnicy 7,5 cm, ogrzewana prądem elektrycznym do stałej temperatury $36,5^{\circ}\text{C}$ (Marciniak 1979). W 1933 r. H. Pfleiderer i K. Büttner przedstawili **frygorygraf**, przyrząd reje-

strujący, też o kształcie kuli lecz o średnicy 15 cm. W obydwu przyrządach mierzy się ilość energii elektrycznej niezbędnej do utrzymania powierzchni tych przyrządów w podanej wyżej temperaturze. Zużycie prądu przelicza się na ilość energii cieplnej, która jest wskaźnikiem odnoszonym do odczuć ciepłych człowieka. Zarówno frygorymetr, jak i frygorygraf nie rozpowszechniły się tak jak katatermometr i były używane tylko w nielicznych ośrodkach naukowych.

Prostym analogiem ciała człowieka, skonstruowanym przez B.A. Ajzenšta-ta jest walec wykonany z blachy stalowej o grubości około 0,5 mm. Jego średnica wynosi 80 mm, a wysokość 110 mm. We wnętrzu cylindra jest umieszczony czujnik termometru (ryc. 27).



Ryc. 27. Miernik odczuć ciepłych
Thermal sensations meter

Cylinder z blachy stalowej jest pomalowany farbą popielato-beżową o albedo 30%. W geometrycznym środku cylindra jest umieszczony termometr. Cylinder jest wypełniony powietrzem atmosferycznym.

W warunkach suchego i gorącego klimatu Azji środkowej, przyrząd ten służy do wyznaczania strat ciepła na parowanie i określania stopnia obciążenia układu termoregulacyjnego. K. Błażejczyk (1990c) zaproponował wykorzystanie tego przyrządu jako miernika odczuć ciepłych. Temperatura wnętrza cylindra (T_c) kształtuje się bowiem pod wpływem temperatury powietrza i prędkości wiatru oraz dopływu promieniowania słonecznego, a więc tych elementów meteorologicznych, które oddziałują także na warunki termiczne odczuwane przez człowieka. T_c można zatem traktować jako wskaźnik temperatury odczuwalnej. Poszczególne wartości T_c można przypisać następujące odczucia ciepłe człowieka (Błażejczyk 2002a):

T_c (°C)	Odczucie ciepłe:
poniżej -23,5	– bardzo zimno
od -23,5 do mniej niż 2,5	– zimno
od 2,5 do mniej niż 18,5	– chłodno
od 18,5 do mniej niż 25,0	– komfortowo
od 25,0 do mniej niż 34,5	– ciepło
od 34,5 do mniej niż 41,0	– gorąco
od 41,0	– bardzo gorąco.

W grupie przyrządów analogowych, służących do wyznaczenia wskaźników odczucia ciepła, wymienić można również różnego typu **termometry kuliste**, **miernik komfortu cieplnego** (miernik PMV o kształcie elipsoidy) oraz **manekiny cieplne** (tzw. „coper man”). Te ostatnie stosowane są głównie w laboratoryjnych badaniach termoizolacyjności odzieży. Opis tych przyrządów i ich zastosowania do wyznaczania różnych wskaźników odczucia ciepła można znaleźć w publikacjach: F. Bradtke i W. Liese (1958), E. Flach (1981), M. Jokl (1965), D.H.K. Lee (1980), K.C. Parsons (1993).

W praktyce biometeorologicznej można polecić stosowanie przede wszystkim miernika odczuć cieplnych. W niektórych ośrodkach naukowych nadal używany jest katatermometr. Należy jednak pamiętać, że wskazania tego przyrządu nie uwzględniają promieniowania słonecznego, które jest bardzo ważnym czynnikiem kształtującym odczucie ciepłe człowieka.

Pomimo podejmowania licznych prób, nie udało się jednak skonstruować przyrządu, który w pełni oddawałby reakcje żywego organizmu na zmieniające się warunki środowiska atmosferycznego. Głównym problemem merytorycznym i technicznym jest symulowanie pocenia się i ewaporacyjnych strat ciepła z powierzchni ciała (Błażejczyk, Holmér 2000; Holmér 2000). Próba rozwiązania tego problemu są modele bilansu cieplnego człowieka, które zostaną omówione w rozdziale 6.

4.2. WSKAŹNIKI WYZNACZONE METODAMI OBLICZENIOWYMI

Obok omówionych wyżej przyrządów pomiarowych do oceny warunków biometeorologicznych i bioklimatycznych stosuje się tzw. **kompleksowe wskaźniki biometeorologiczne**, które ujmują w postać wzorów empirycznych związki między wartościami kilku elementów meteorologicznych. Poszczególne wartościom tych wskaźników przypisywane są określone, subiektywne odczucia cieplne ludzi. Skale odczuć cieplnych są tworzone na podstawie wyników badań ankietowych przeprowadzanych na grupach ludzi

eksponowanych na działanie czynników meteorologicznych w komorach klimatycznych lub w terenie otwartym.

Powstało w ten sposób wiele wskaźników, które zostały zebrane w książce T. Kozłowskiej-Szczęsnej, K. Błażejczyka i B. Krawczyk (1997). Informacje o nich podają także: E. Flach (1981), J. Jankowiak, red., (1976), M. Jokl (1965), B. Kielczewski i J. Bogucki (1972), S. Klonowicz i S. Kozłowski (1970), T. Kozłowska-Szczęsna, red., (1985), H.E. Landsberg (1972), D.H.K. Lee (1980), K.C. Parsons (1993) i R. Taesler (1987).

O wyborze odpowiedniego wskaźnika biometeorologicznego decyduje cel opracowania (np. ocena odczuć cieplnych człowieka w ruchu, w spoczynku, w cieniu, w słońcu), dane meteorologiczne, którymi dysponujemy, a także rodzaj środowiska termicznego lub sezon, który podlega ocenie. Część wskaźników może być bowiem stosowana tylko w szczególnych warunkach otoczenia.

Przedstawiając kolejne wskaźniki biometeorologiczne podane zostaną przykłady ich zastosowania do charakterystyki wybranych dni (upalnego i bardzo mroźnego) oraz okresów. Pozwoli to czytelnikowi na bliższe zapoznanie się z nimi i wyrobienia sobie opinii nad możliwością ich zastosowania w prowadzonych przez siebie badaniach.

4.2.1. WIELKOŚĆ OCHŁADZAJĄCA POWIETRZA

Jak już wspomniano w poprzednim rozdziale wielkość ochładzająca powietrza (H – cooling power) można wyznaczyć nie tylko na podstawie pomiarów bezpośrednich, ale także przy pomocy wzorów empirycznych L. Hilla (Büttner 1938; Gregorcuk 1970). Wielkość ochładzająca powietrza może być stosowana w bardzo szerokim zakresie temperatury powietrza i prędkości wiatru. Wartość H jest wyrażona w $W\ m^{-2}$ i liczy się według następujących wzorów:

$$H = 41,868 \cdot [(36,5 - t) (0,20 + 0,40 \cdot v^{0,5})] \quad [4.2]$$

gdy: $v < 1\ m \cdot s^{-1}$

lub

$$H = 41,868 \cdot [(36,4 - t) (0,13 + 0,47 \cdot v^{0,5})] \quad [4.3]$$

gdy: $v > 1\ m \cdot s^{-1}$

Wartość H przedstawia się w postaci rozkładu jej częstości w jednej ze skal odczucia cieplnego. Do najczęściej używanych należą skale: V. Conrada oraz M. Kacvinsky'ego i S. Petroviča (cyt. Kozłowska-Szczęsna i in. 1997).

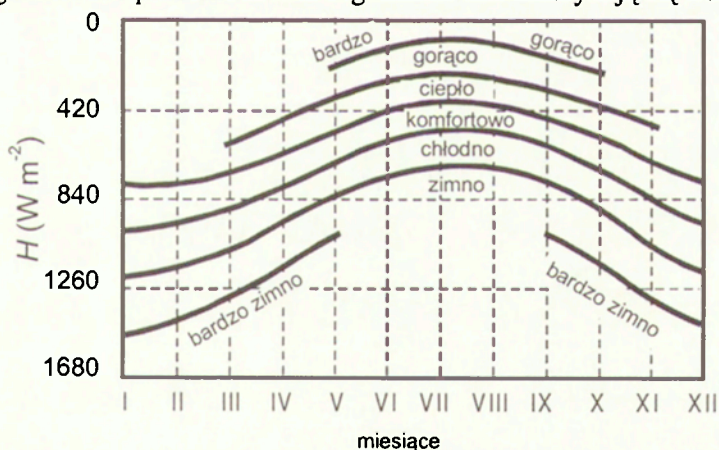
Skala V. Conrada określa obciążenia cieplne związane z turbulencyjnym unoszeniem ciepła z powierzchni ciała. Przyjmuje się, że następujące wartości H oznaczają:

H ($W \cdot m^{-2}$)	Obciążenie cieplne:
od 0 do 420	– warunki sprzyjające przegrzaniu
od więcej niż 420 do 840	– warunki oszczędzające (komfort)
od więcej niż 840 do 1260	– warunki lekko pobudzające
od więcej niż 1260 do 1680	– warunki silnie pobudzające
od więcej niż 1680	– warunki sprzyjające przechłodzeniu.

Skala S. Petroviča i M. Kacvinsky'ego przedstawia natomiast odczucia cieplne człowieka występujące przy różnych wartościach H :

H ($W \cdot m^{-2}$)	Odczucie cieplne:
od 0 do 210	– upalnie
od więcej niż 210 do 420	– gorąco
od więcej niż 420 do 630	– łagodnie
od więcej niż 630 do 840	– przyjemnie chłodno
od więcej niż 840 do 1260	– chłodno
od więcej niż 1260 do 1680	– zimno
od więcej niż 1680 do 2100	– bardzo zimno
od więcej niż 2100	– nieznosnie zimno i wietrznie.

Przyjmuje się, że H w przedziale 420–840 $W \cdot m^{-2}$ wskazuje na optymalne dla człowieka (w ruchu) warunki termiczne. Sytuacje pogodowe sprzyjające przegrzaniu lub przechłodzeniu organizmu charakteryzują się wartościami



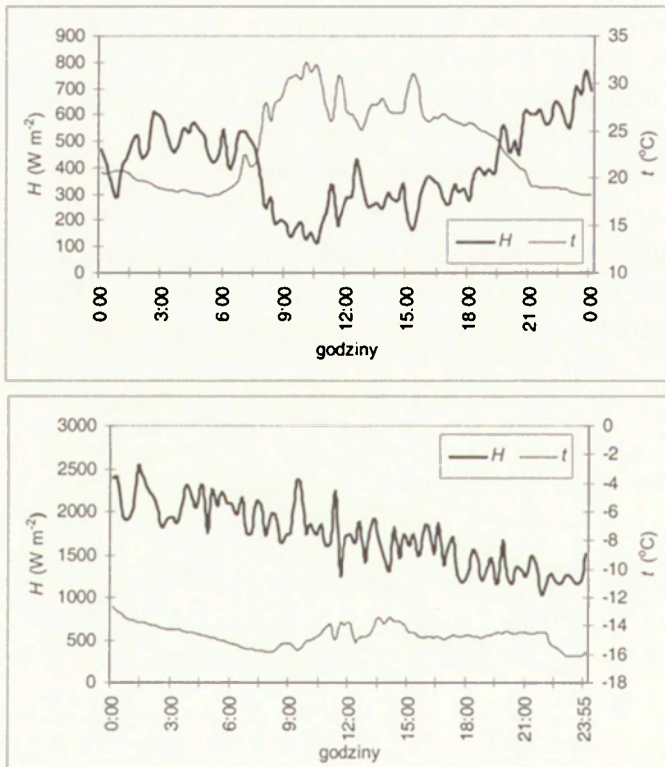
Ryc. 28. Skala odczuć cieplnych człowieka (H), określonych na podstawie wielkości ochładzającej powietrza (Baranowska i in. 1986)

Scale of thermal sensations in man (H) at various values of cooling power (Baranowska i in. 1986); names of classes from the top of figure: very hot, hot, warm, comfortable, cool, cold, very cold

mi ochładzania $\leq 210 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$ (upalnie) oraz $> 2100 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$ (nieznośnie zimno i wietrznie). Występowanie takich wartości H świadczy o uciążliwych dla człowieka warunkach termicznych.

M. Baranowska i in. (1986) opracowała skale odczuć cieplnych, dostosowane do warunków klimatycznych Polski. Na rycinie 28 przedstawiono skalę ważną dla obszarów o średniej rocznej temperaturze powietrza od $7,1$ do $8,0^\circ\text{C}$ (obszary te obejmują większość terytorium Polski). Skale te skonstruowano na podstawie wyników badań ankietowych przeprowadzonych wśród obserwatorów stacji meteorologicznych, którzy określali swe odczucia ciepłe będąc w odzieży stosownej do pory roku. Stąd też granice poszczególnych klas odczuwalności cieplnej zmieniają się w kolejnych miesiącach.

Przykład przebiegu dobowego wielkości ochładzającej powietrza w dniu upalnym i w dniu bardzo mroźnym zawiera rycina 29. W dniu upalnym war-

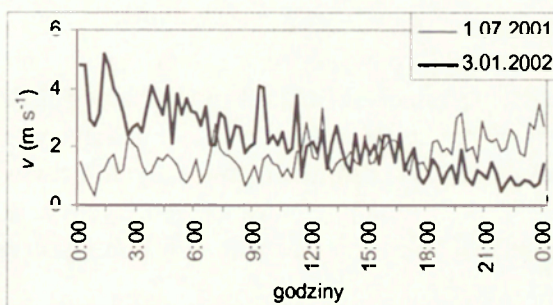


Ryc. 29. Przebiegi dobowe wielkości ochładzającej powietrza (H) i temperatury powietrza (t) w dniu upalnym (wykres górny – 1 lipca 2001, Warszawa) oraz w dniu bardzo mroźnym (wykres dolny – 3 stycznia 2002, Warszawa)

Daily courses of cooling power (H) and air temperature (t) at hot day (upper panel, 1 July 2001, Warsaw) and frosty day (lower panel, 3 January 2002, Warsaw)

tości H zmieniały się od około $100 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$ w godzinach okołopołudniowych do prawie $800 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$ w godzinach nocnych. W pierwszym przypadku wartość H wskazuje na występowanie odczucia ciepłego „upalnie”, a w drugim – odczucia „przyjemnie chłodno” (wg skali Petrovič’a i Kacvinsky’ego). Stosując skalę M. Baranowskiej odczucia te można określić odpowiednio jako „bardzo gorąco” i „zimno”. W dniu bardzo mroźnym wartości H wahały się od 1000 do $2500 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$. Odczucia ciepłe człowieka zmieniały się zatem od „chłodno” do „nieznośnie zimno i wietrznie” (wg skali Petrovič’a-Kacvinsky’ego) lub od „zimno” do „bardzo zimno” (wg skali Baranowskiej).

Stopniowe łagodzenie odczuć ciepłych w wybranym dniu mroźnym było spowodowane wyraźnym zmniejszaniem się prędkości wiatru, a nie wzrostem temperatury powietrza (ryc. 30).



Ryc. 30. Przebiegi dobowe prędkości wiatru w wybranym dniu upalnym (1.07.2001) i mroźnym (3.01.2002), Warszawa

Daily courses of wind speed in hot day (1.07.2001) and frosty day (3.01.2002), Warsaw

4.2.2. WSKAŹNIK OCHŁADZANIA WIATREM

Kolejnym wskaźnikiem zespołowym, uwzględniającym dwa elementy meteorologiczne: temperaturę powietrza i prędkość wiatru, jest wskaźnik ochładzania wiatrem (WCI – Wind Chill Index, w $\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$). Jest on szczególnie przydatny do oceny warunków bioklimatycznych okresu zimowego. WCI został opracowany w 1945 r. przez P.A. Siple’a i Ch. Passel’a (cyt. Kozłowska-Szczęśna i in. 1997) na podstawie wyników prowadzonych na Antarktydzie badań konwekcyjnych strat ciepła z powierzchni miedzianego cylindra, który był analogiem nieosłoniętych części ciała człowieka. Podobnie jak w przypadku katatermometru, ani zmierzone, ani obliczone wartości strat ciepła nie są równe faktycznym stratom ciepła z organizmu. Są one jednak dobrym wskaźnikiem odczuć ciepłych człowieka. WCI zwany jest również wskaźnikiem konwekcyjnych strat ciepła (Gregorczyk 1976). Wskaźnik ochładzania wiatrem liczy się według wzoru:

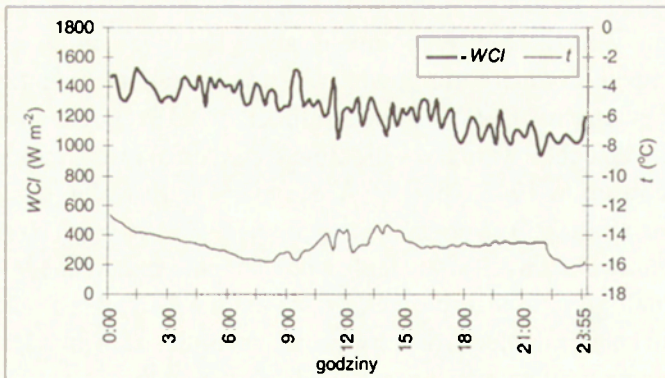
$$WCI = 1,162 \cdot [(10,45 - v + 10 \cdot v^{0,5}) (33 - t)] \quad [4.4]$$

Poniższe odczucia człowieka ubranego w odzież o termoizolacyjności 4,0 clo (tzw. odzież arktyczna, por. rozdział 5.8) są scharakteryzowane przez następujące wartości WCI (Maarouf, Bitzos 2001):

WCI ($W \cdot m^{-2}$)	Odczucie ciepłe:
mniej niż 58,3	– skrajnie gorąco
od 58,3 do nie więcej niż 116,4	– gorąco
od 116,4 do nie więcej niż 232,7	– zbyt ciepło
od 232,7 do nie więcej niż 581,6	– komfortowo
od 581,6 do nie więcej niż 930,5	– chłodno
od 930,5 do nie więcej niż 1628,2	– zimno
od 1628,3 do nie więcej niż 2326,0	– mroźno
od 2326,0	– skrajnie mroźno.

Przy wartościach WCI powyżej $1628,3 W \cdot m^{-2}$ istnieje niebezpieczeństwo odmrożeń nieosłoniętych części ciała ekspozowanych na działanie zimnego powietrza nawet przez krótki czas; ryzyko odmrożenia wyraźnie zmniejsza się w przypadku działania promieni słonecznych. Przy wartościach WCI większych od $2326 W \cdot m^{-2}$ odmrożenie nieosłoniętych części ciała następuje już po 30 sekundach; zaleca się pozostanie w pomieszczeniach (Maarouf, Bitzos 2001).

Przykład dobowego przebiegu WCI w dniu bardzo mroźnym przedstawia rycina 31. Wartości WCI wahały się od około 1000 do $1500 W \cdot m^{-2}$, co odpowiada występowaniu odczucia „zimno” w ciągu całego dnia. Podobnie jak wartości H , również przebieg WCI wskazuje na stopniowe łagodzenie się, na



Ryc. 31. Przebiegi dobowe wskaźnika ochładzania wiatrem (WCI) i temperatury powietrza (t) w dniu bardzo mroźnym (3 stycznia 2002, Warszawa)

Daily course of wind chill index (WCI) and air temperature (t) during frosty day (3 Jan. 2002, Warsaw)

skutek zmniejszenia prędkości wiatru (ryc. 30), w ciągu wybranego dnia mroźnego warunków termicznych odczuwalnych przez człowieka.

Jak już wspomniano, *WCI* jest dobrym wskaźnikiem oceny przydatności warunków klimatycznych w okresie zimowym do potrzeb rekreacji. Stosuje się przy tym nie wartości średnie wskaźnika, a częstość występowania *WCI* o wartościach mieszczących się w podanych wyżej przedziałach. Przykład zastosowania wskaźnika ochładzania wiatrem do oceny klimatu okresu zimowego przedstawia tabela 9.

Widać wyraźnie, że w miejscowości nadmorskiej (Kołobrzeg) częstość sytuacji pogodowych odczuwanych jako chłodno jest znacznie większa niż w uzdrowisku górskim (Iwonicz), co jest związane z dużymi prędkościami wiatru w strefie nadmorskiej. Należy jednak zwrócić uwagę na odczucie zimna, które w Iwoniczu pojawia się nieco częściej niż w Kołobrzegu. Jest to spowodowane częstymi w górach sytuacjami inwersji termicznych, które doprowadzają do silnego wychłodzenia powietrza.

Tabela 9. Częstość występowania różnych odczuć cieplnych człowieka w wybranych miejscowościach, określonych na podstawie wartości wskaźnika *WCI*, 1971–1990

	Listopad	Grudzień	Styczeń	Luty	Marzec	Kwiecień	Rok
Iwonicz Zdrój							
Skrajnie gorąco	.	.	.	.	.	.	.
Gorąco	.	.	.	.	.	.	.
Zbyt ciepło	.	.	.	.	0,3	2,2	0,4
Komfortowo	40,3	28,5	24,0	33,8	53,9	78,2	43,1
Chłodno	51,8	56,5	58,9	56,8	42,9	19,5	47,7
Zimno	7,8	15,0	17,1	9,4	2,9	0,2	8,7
Mroźno	.	.	.	.	.	.	.
Skrajnie mroźno	.	.	.	.	.	.	.
Kołobrzeg							
Skrajnie gorąco	.	.	.	.	.	.	.
Gorąco	.	.	.	.	.	.	.
Zbyt ciepło	.	.	.	.	.	0,7	0,1
Komfortowo	32,7	10,8	10,3	18,2	25,5	45,2	23,8
Chłodno	66,7	85,2	80,0	78,2	73,4	53,7	72,9
Zimno	0,7	4,0	9,7	3,5	1,1	0,5	3,3
Mroźno	.	.	.	.	.	.	.
Skrajnie mroźno	.	.	.	.	.	.	.

4.2.3. TEMPERATURA OCHŁADZANIA WIATREM

Badania teoretyczne i eksperymenty termofizjologiczne prowadzone w Kanadzie i Stanach Zjednoczonych, związane z wpływem temperatury i ruchu powietrza na warunki odczuwalne w okresie zimowym, pozwoliły służbom meteorologicznym tych państw na opracowanie i wprowadzenie do codziennych prognoz meteorologicznych wskaźnika tzw. temperatury ochładzania wiatrem (*WCT* – Wind Chill Temperature lub Wind Chill Factor, w °C). Wskaźnik ten liczy się według następującego wzoru (www.msc.ec.gc.ca):

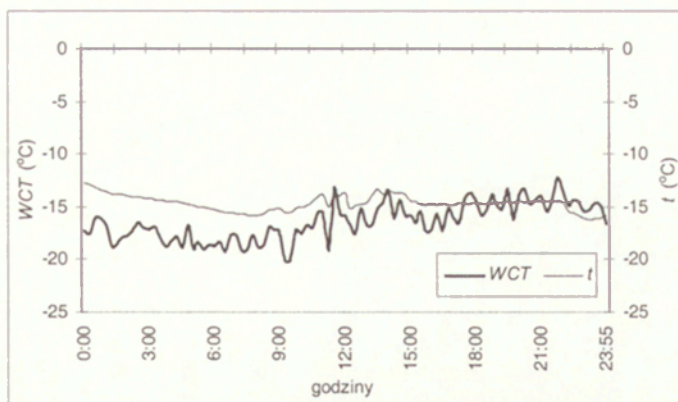
$$WCT = 13,12 + 0,6215 \cdot t - 11,37 \cdot (1,5 \cdot v)^{0,16} + 0,3965 \cdot t \cdot (1,5 \cdot v)^{0,16} \quad [4.5]$$

Stosowana jest następująca skala zagrożenia warunkami meteorologicznymi:

<i>WCT</i> (°C)	Odczucie zimna	Zagrożenia	Sposób przeciwdziałania
od 0 do -10	niewielkie	Nieznaczny wzrost dyskomfortu.	Ciepłe ubranie.
od mniej niż -10 do -25	umiarkowane	Dyskomfort, w przypadku długotrwałego pobytu w terenie otwartym bez odpowiedniej odzieży możliwe wychłodzenia.	Ciepłe, wielowarstwowe ubranie oraz nakrycie głowy. Konieczny ruch.
od mniej niż -25 do -45	znaczne	Możliwość odmrożenia odsłoniętych części ciała. Wychłodzenie możliwe podczas długotrwałego pobytu w terenie otwartym bez odpowiednich zabezpieczeń.	Ciepłe, wielowarstwowe ubranie i nakrycie głowy oraz osłonięcie twarzy od wiatru. Konieczny ruch.
od mniej niż -45 do -60	duże	Nieosłonięta skóra ulega odmrożeniu już po kilku minutach. Znaczne niebezpieczeństwo wychłodzenia organizmu.	Bardzo ciepłe, wielowarstwowe ubranie i nakrycie głowy oraz osłonięcie twarzy. Ograniczenie pobytu w terenie otwartym.
od mniej niż -60	bardzo duże	Niebezpieczeństwo dla zdrowia i życia. Nieosłonięta skóra ulega odmrożeniu już po dwóch minutach.	Należy pozostać w domu.

Rozmowy prowadzone z mieszkańcami Kanady wskazują, że bardzo poważnie traktują oni podane wyżej informacje i ostrzeżenia, stosując się do przekazywanych zaleceń.

Przykład zmian temperatury ochładzania wiatrem w dniu bardzo mroźnym podano na rycinie 32. Wartości *WCT* w ciągu dnia wzrastały stopniowo od około -20°C w godzinach porannych do około -12°C w godzinach wieczornych. Według kanadyjskiej skali oceny te wartości *WCT* odpowiadają umiarkowanemu odczuciu zimna. Dyskomfort może się pojawić w przypadku długotrwałego przebywania w terenie otwartym bez odpowiedniej odzieży.



Ryc. 32. Przebiegi dobowe temperatury ochładzania wiatrem (*WCT*) i temperatury powietrza (*t*) w dniu bardzo mroźnym (3 stycznia 2002, Warszawa)

Daily course of wind chill temperature (*WCT*) and air temperature (*t*) during frosty day (3 Jan. 2002, Warsaw)

4.2.4. WSKAŹNIK *HUMIDEX*

W Kanadzie, Stanach Zjednoczonych oraz w państwach południowej Europy uciążliwość warunków termiczno-wilgotnościowych w okresie letnim (podczas wysokiej temperatury powietrza) jest określana przy pomocy wskaźnika *Humidex*. Wartości wskaźnika, wyrażone w °C, obrazują temperaturę odczuwaną przez człowieka, która kształtuje się pod wpływem warunków termiczno-wilgotnościowych otoczenia (www.ccohs.ca). Informacje o przewidywanych wartościach wskaźnika *Humidex* są we wspomnianych wyżej krajach podawane w prognozach meteorologicznych. *Humidex* liczy się według wzoru:

$$Humidex = t + 0,5555 \cdot (vp - 10) \quad [4.6]$$

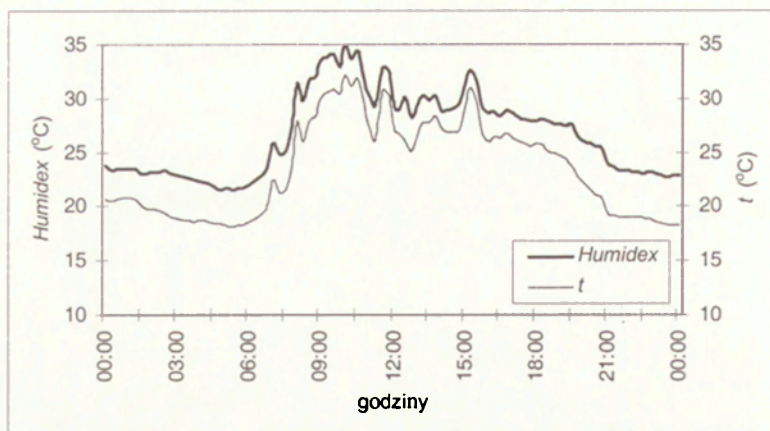
Ciśnienie pary wodnej (*vp*) można obliczyć korzystając z następujących wzorów:

– gdy posiadamy informacje o temperaturze powietrza i jego wilgotności względnej:

$$vp = 6,112 \cdot 10^{(7,5 \cdot t / (237,7 + t))} \cdot 0,01 \cdot RH \quad [4.7]$$

– lub gdy dysponujemy danymi o temperaturze punktu rosy (*td*):

$$vp = 6.112 \cdot e^{\{5417,753 \cdot [1 / 273,16 - 1 / (273,16 + td)]\}} \quad [4.8]$$



Ryc. 33. Przebiegi dobowe wartości wskaźnika *Humidex* i temperatury powietrza (*t*) w dniu upalnym (1 lipca 2001, Warszawa)

Daily course of *Humidex* and air temperature (*t*) during hot day (1 July 2001, Warsaw)

Stosowana jest następująca skala zagrożenia termiczno-wilgotnościowego (www.compusmart.ab.ca):

<i>Humidex</i> (°C)	Stopień zagrożenia	Odczuwane objawy
od 23 do mniej niż 29	poziom ostrzegawczy	Niewielki dyskomfort. Długotrwały wysiłek może doprowadzić do stanu przemęczenia.
od 29 do mniej niż 39	wzrost zagrożenia	Znaczny dyskomfort. Długotrwały wysiłek może doprowadzić do udaru cieplnego.
od 39 do mniej niż 54	znaczne zagrożenie	Duży dyskomfort. Niebezpieczeństwo udaru cieplnego nawet przy krótkotrwałym wysiłku.
54 i więcej	duże zagrożenie	Możliwość udaru cieplnego podczas pobytu w terenie otwartym.

Podobnie jak w przypadku wskaźnika *WCT* mieszkańcy Kanady bardzo poważnie traktują podane wyżej informacje i ostrzeżenia. Pomimo znacznej popularności wskaźnika *Humidex* w tym kraju należy pamiętać, że nie uwzględnia on dwóch ważnych elementów meteorologicznych: promieniowania słonecznego i prędkości wiatru. Odczucie ciepła może się znacznie nasilać przy wzroście natężenia promieniowania słonecznego i przy bardzo małej prędkości wiatru.

Przebieg wartości wskaźnika *Humidex* w dniu upalnym wskazuje, że przez całą dobę wartości temperatury odczuwalnej przewyższały wartości temperatury powietrza (ryc. 33). Przyczyną tej różnicy jest fakt, że wskaźnik *Humidex* nie uwzględnia wiatru, który w znacznym stopniu łagodzi odczuwa-

nie ciepła. Oceniając warunki termiczne w wybranym dniu można stwierdzić, że od godziny 8⁰⁰ do godziny 16⁰⁰ obserwowany był wzrost zagrożenia termiczno-wilgotnościowego, który charakteryzował się znacznym dyskomfortem, a długotrwały wysiłek fizyczny mógł doprowadzić do przegrzania organizmu. Przez pozostałą część doby występowały ostrzegawcze wartości *Humidex*'u (23–29°C).

4.2.5. TEMPERATURA EFEKTYWNA

W opracowaniach bioklimatycznych i badaniach higienicznych dość często jest stosowana temperatura efektywna (*TE* – Effective Temperature, w °C). Jest to tzw. quasi temperatura, która odzwierciedla łączny wpływ temperatury, wilgotności powietrza i prędkości wiatru na odczuwalność ciepłą człowieka, zarówno ubranego jak i rozebranego do pasa, przebywającego w cieniu (wskaźnik ten nie uwzględnia bowiem promieniowania słonecznego).

Wzory do obliczania *TE* opracowali w 1924 r. amerykańscy inżynierowie ogrzewnictwa, F.C. Houghten i C. P. Yaglou. Do badań bioklimatycznych temperaturę efektywną zaadoptował F.A. Missenard (1933). W zależności od tego, jaka jest prędkość wiatru stosuje się jeden z poniższych wzorów. W przypadku prędkości wiatru mniejszej niż 0,3 m·s⁻¹ wzór ma postać:

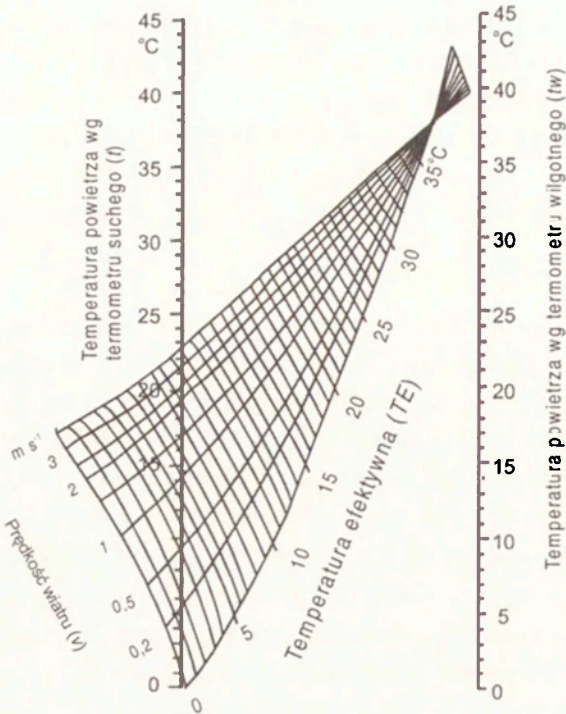
$$TE - t - 0,4 \cdot (t - 10,0) \cdot (1 - 0,01 \cdot RH) \quad [4.9]$$

Dla prędkości wiatru równej lub większej od 0,3 m·s⁻¹ wzór ma następującą formę: [4.10]

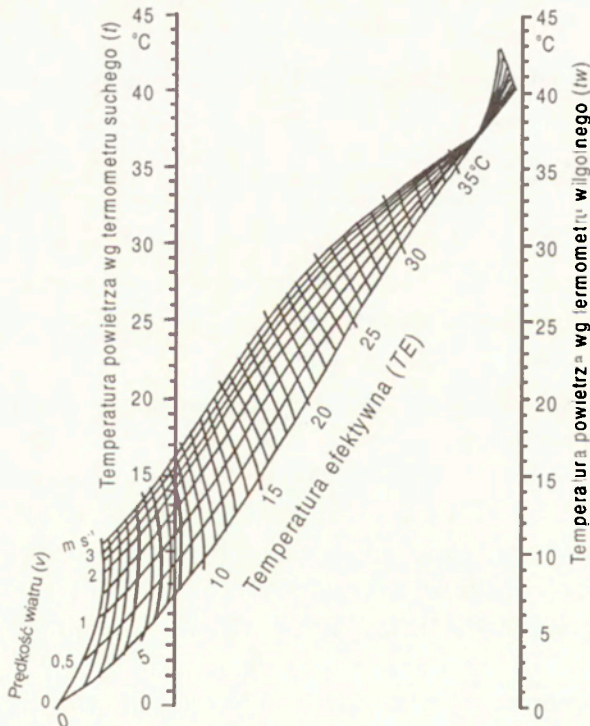
$$TE = 37,0 - \frac{37,0 - t}{0,68 - 0,0014 \cdot RH + 1 / (1,76 + 1,40 \cdot v^{0,75})} - 0,29 \cdot t \cdot (1 - 0,01 \cdot RH)$$

Przyjęcie prędkości wiatru 0,3 m·s⁻¹ jako wartości granicznej wynika z założenia Missenarda, że ruch powietrza poniżej tej prędkości jest odczuwany przez człowieka jako cisza.

Wartość temperatury efektywnej można także wyznaczyć przy pomocy specjalnych nomogramów opracowanych przez C.P. Yaglou (cyt.: Flach 1981; Klonowicz, Kozłowski 1970). Jeden z nich (ryc. 34) dotyczy człowieka rozebranego do połowy i pozostającego w spoczynku (tzw. skala podstawowa), drugi (ryc. 35) – człowieka wykonującego lekką pracę, np. spacer i ubranego w odzież o termoizolacyjności 1 clo, czyli w tzw. zwykłą odzież letnią (tzw. skala normalna; tej skali dotyczą także podane wyżej wzory). Komfort termiczny wyznaczają wartości *TE* zawarte w przedziale od 17,3 do 21,7°C (w przypadku człowieka rozebranego) oraz od 15,7 do 20,6°C (dla człowie-



Ryc. 34. Diagram do wyznaczania temperatury efektywnej (skala podstawowa, dla człowieka stojącego, rozebranego) (wg C.P. Yaglou, cyt. E. Flach, 1981)
Diagram of effective temperature (basic scale – standing, nude man) (by C.P. Yaglou, cyt. E. Flach, 1981)



Ryc. 35. Diagram do wyznaczania temperatury efektywnej (skala normalna, dla człowieka wykonującego lekką pracę, ubranego w zwykłą odzież letnią) (wg C.P. Yaglou, cyt. E. Flach 1981)
Diagram of effective temperature (normal scale – man walking in summer clothing) (by C.P. Yaglou, cyt. E. Flach 1981)

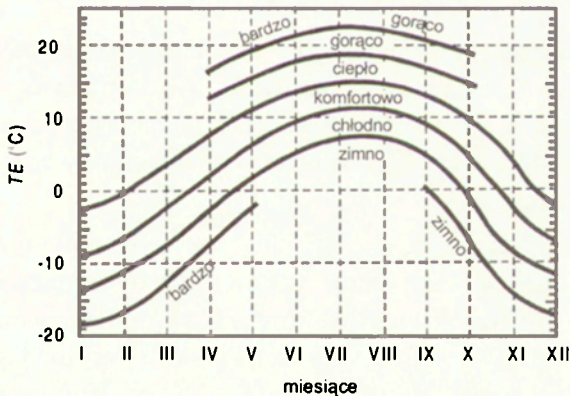
ka ubranego). Osiągnięcie komfortu termicznego jest procesem złożonym, a jego podstawy zostaną omówione w rozdziale 5.

Wyniki badań subiektywnych odczuć ciepłych ludzi oraz ich reakcji fizjologicznych przy różnych wartościach TE pozwoliły na skonstruowanie skali odczuwalności cieplnej. Według N.Z. Michajłowa (cyt. Bajbakova i in. 1963), kolejne przedziały temperatury efektywnej odpowiadają następującym odczuciom ciepłym:

TE (°C)	Odczucie ciepłe:
poniżej 1	– bardzo zimno
od 1 do mniej niż 9	– zimno
od 9 do mniej niż 17	– chłodno
od 17 do mniej niż 21	– orzeźwiająco
od 21 do mniej niż 23	– komfortowo
od 23 do mniej niż 27	– ciepło
27 i więcej	– gorąco.

Skala ta może być stosowana jedynie przy dodatniej temperaturze powietrza. Dla człowieka ubranego w zwykłą odzież letnią i wykonującego lekką pracę (np. spacerującego) najkorzystniejsze są warunki charakteryzujące się temperaturą efektywną od 17,0 do 22,9°C. Warunki sprzyjające intensywnej rekreacji występują przy wartościach TE od 9,0 do 16,9°C.

Polskie badania pokazały sezonową i regionalną zmienność wrażliwości termicznej człowieka, w wyniku przystosowania do różnych warunków klimatycznych oraz do zmienności sezonowej klimatu (Baranowska i in. 1986).



Ryc. 36. Skala odczuć ciepłych (TE) określonych na podstawie temperatury efektywnej, obszar Polski o średniej rocznej temperaturze powietrza 7–8°C (Baranowska i in. 1986)

Scale of thermal sensations in man (TE) at various values of effective temperature 7–8°C (Baranowska et al. 1986); names of classes from the top of figure: very hot, hot, warm, comfortable, cool, cold, very cold

Na tej podstawie opracowano skalę odczucia termicznego według TE dla regionów Polski, różniących się pod względem termicznym (średnia roczna temperatura powietrza $< 7^{\circ}\text{C}$, $7\text{--}8^{\circ}\text{C}$ lub $> 8^{\circ}\text{C}$). Skala ta dotyczy człowieka ubranego stosownie do pory roku, w czasie ruchu lub wykonywania czynności nie wymagających dużego wysiłku fizycznego. Zaletą tej skali jest możliwość oceny odczuć ciepłych przy ujemnych wartościach TE (ryc. 36).

4.2.6. TEMPERATURA RADIACYJNO-EFEKTYWNA

Temperatura radiacyjno-efektywna (TRE – Radiative- and -Effective Temperature, w $^{\circ}\text{C}$) jest wskaźnikiem pochodnym od temperatury efektywnej. TRE uwzględnia bardzo ważny czynnik bioklimatyczny jakim jest promieniowanie słoneczne. Wskaźnik ten pozwala zatem na określenie odczuć ciepłych człowieka przebywającego w terenie otwartym w miejscach nasłonecznionych.

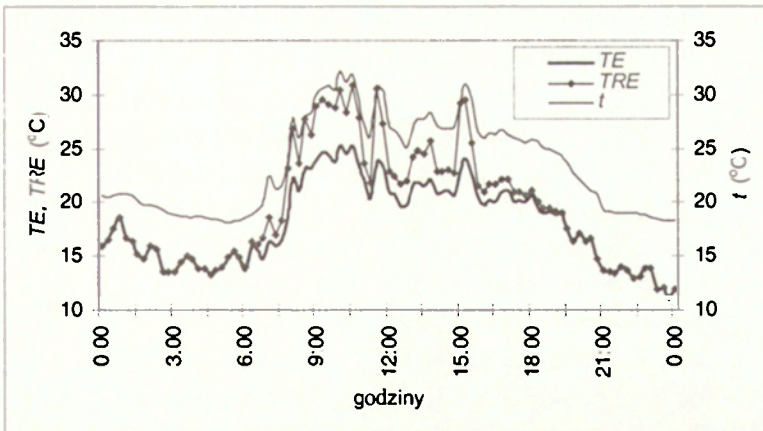
G.V. Szelejchovskij (cyt. Kozłowska-Szczęśna, red., 1985) opracował specjalny nomogram, za pomocą którego można wyznaczyć TRE . Ponieważ korzystanie z niego jest mało wygodne K. Błażejczyk opracował na jego podstawie wzór pozwalający na obliczenie TRE znając wartość temperatury efektywnej (TE) oraz natężenia całkowitego promieniowania słonecznego ($Kglob$). Wzór ma następującą postać:

$$TRE = TE + (1 - 0,01 \cdot ac) \cdot Kglob \cdot [(0,0155 - 0,00025 \cdot TE) - (0,0043 - 0,00011 \cdot TE)] \quad [4.11]$$

Do oceny odczuć ciepłych człowieka na podstawie temperatury radiacyjno-efektywnej stosuje się jedną ze skal przedstawionych w rozdziale 4.2.6. (N.Z. Michajłowa lub M. Baranowskiej).

Rycina 37 pokazuje przykłady przebiegu dobowego wskaźników TE i TRE w dniu upalnym w Warszawie. W przeciwieństwie do omówionego wcześniej wskaźnika *Humidex* wartości temperatury efektywnej i temperatury radiacyjno-efektywnej były przez całą dobę niższe od temperatury powietrza, co jest efektem ochładzającego działania wiatru.

Widać także wyraźnie, że w ciągu dnia, intensywny dopływ promieniowania słonecznego spowodował, że wartości TRE były znacznie wyższe od wartości TE . W godzinach nocnych, przy braku promieniowania słonecznego temperatura radiacyjno-efektywna ma takie same wartości jak temperatura efektywna. W tym okresie doby wartości TE i TRE wskazują na występowanie odczuć ciepłych „chłodno” i „orzeźwiająco” (ocenianych wg skali Michajłowa). W ciągu dnia pozostawanie w miejscach zacienionych wiązało się w występowanie odczuć „komfortowo” i „ciepło”. W tym samym czasie prze-



Ryc. 37. Przebiegi dobowe wartości temperatury efektywnej (TE), temperatury radiacyjno-efektywnej (TRE) i temperatury powietrza (t) w dniu upalnym (1 lipca 2001, Warszawa)

Daily courses of effective temperature (TE), radiation-and-effective temperature (TRE) and air temperature (t) during hot day (1 July 2001, Warsaw)

bywanie w miejscach nasłonecznionych powodowało wystąpienie odczuć „gorąco”. Według skali M. Baranowskiej odczucia ciepłe zmieniały się od „komfortowo” w godzinach nocnych do „bardzo gorąco” w ciągu dnia, niezależnie, czy było to miejsce zacienione, czy nasłonecznione.

4.2.7. EKWIWALENT TEMPERATURY STANDARDOWEJ

Do oceny warunków termicznych odczuwanych przez człowieka można zastosować tzw. ekwiwalent temperatury standardowej (SST – Still Shade Temperature, w $^{\circ}C$), to znaczy temperatury powietrza obserwowanej w cieniu i przy braku wiatru (Burton, Edholm 1955). Na subiektywne odczuwanie warunków termicznych składają się: wzrost temperatury spowodowany przez promieniowanie słoneczne (TRI) oraz jej obniżenie przez ruch powietrza (TWD). Wskaźnik SST jest wyrażony w $^{\circ}C$ i liczy się go według wzoru:

$$SST = t + TRI - TWD \quad [4.12]$$

Wartość TRI liczy się następująco:

$$TRI = 0,42 \cdot (1 - 0,009 \cdot N) \cdot (100 - ac) \cdot 1 / (0,61 + 1,9 \cdot v^{0,5}) \quad [4.13]$$

a wartość TWD na podstawie wzoru:

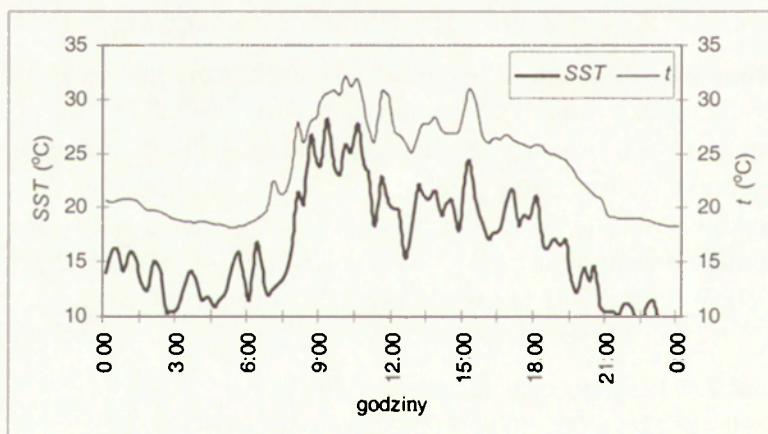
$$TWD = 0,15673 \cdot M \cdot [1 - 1 / (0,61 + 1,9 \cdot v^{0,5})] \quad [4.14]$$

Do oceny odczuć ciepłych człowieka na podstawie wartości *SST* można stosować następującą skalę:

<i>SST</i> (°C)	Odczucie ciepłe:
poniżej -7,5	– skrajnie zimno
od -7,5 do mniej niż 0,4	– bardzo zimno
od 0,4 do mniej niż 2,1	– zimno
od 2,1 do mniej niż 5,3	– chłodno
od 5,3 do mniej niż 11,4	– neutralnie
od 11,4 do mniej niż 18,9	– ciepło
od 18,9 do mniej niż 21,0	– gorąco
od 21,0 do mniej niż 23,7	– bardzo gorąco
23,7 i więcej	– skrajnie gorąco.

Skala ta odzwierciedla odczucia człowieka ubranego w odzież o termoizolacyjności 1 clo (zwykła odzież letnia), spacerującego z prędkością około 4 km/godz.

Analizując przykład przebiegu dobowego ekwiwalentu temperatury standardowej (*SST*) (ryc. 38) widać, że wartości *SST* były wyraźnie niższe od temperatury powietrza, co jest efektem ochładzającej siły wiatru. Odczucia ciepłe zmieniały się od „neutralnie” w godzinach nocnych do „skrajnie gorąco” w ciągu dnia.



Ryc. 38. Przebiegi dobowe ekwiwalentu temperatury standardowej (*SST*) i temperatury powietrza (*t*) w dniu upalnym (1 lipca 2001, Warszawa)

Daily courses of still-shade temperature (*SST*) and air temperature (*t*) during hot day (1 July 2001, Warsaw)

4.2.8. WSKAŹNIK SUROWOŚCI POGODY

Pierwszą propozycją określenia surowości warunków pogodowych w okresie zimowym był wskaźnik G. Bodmana, wyznaczony w 1902 r. w czasie badań prowadzonych przez tego autora w Antarktyce. Przy pomocy cylindra o pojemności 3 litrów napełnionego wodą badał on czas jej ochładzania od 30°C do 20°C (Gregorczyk 1978). Wskaźnik *SB* jest prostą funkcją temperatury powietrza i prędkości wiatru.

W ocenie warunków bioklimatycznych okresu zimowego dla potrzeb rekreacji bardzo przydatny jest wskaźnik surowości pogody I.M. Osokina (1968). Poza temperaturą powietrza i prędkością wiatru uwzględnił on także w swym wzorze współczynniki charakteryzujące wilgotność powietrza (*F*), dobową amplitudę temperatury powietrza (*At*) oraz wysokość bezwzględną miejscowości (*Hk*). Wskaźnik ostrości klimatu I.M. Osokina (*SO*) liczony jest następująco:

$$SO = (1 - 0,06 \cdot t) \cdot (1 + 0,20 \cdot v) \cdot (1 + 0,0006 \cdot Hk) \cdot F \cdot At \quad [4.15]$$

Osokin przyjął, że do wysokości 400 m n.p.m. brak jest wyraźnych zmian w funkcjonowaniu serca i dróg oddechowych człowieka spowodowanych zmianą wysokości. Dlatego też dla miejscowości leżących poniżej 400 m n.p.m. wartość współczynnika *Hk* równa jest 0.

W przypadku wilgotności względnej powietrza (*RH*) nie większej niż 60% współczynnik *F* przyjmuje wartość 0,9. Dla *RH* większej od 60% wartość *F* oblicza się następująco:

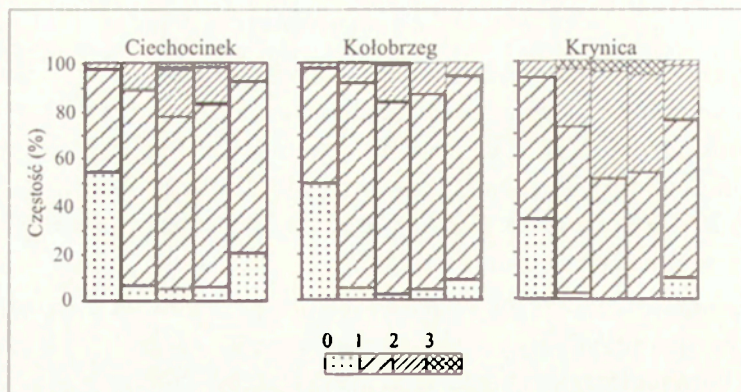
$$F = 0,005 \cdot RH + 0,645 \quad [4.16]$$

Przy dobowej amplitudzie temperatury powietrza (*dt*) nie większej niż 4°C współczynnik *At* wynosi 0,85, a przy *dt* większej od 18°C wartość *At* wynosi 1,25. W pozostałych przypadkach współczynnik *At* liczy się następująco:

$$At = 0,025 \cdot dt + 0,7998 \quad [4.17]$$

Poszczególным wartościom wskaźnika *SO* Osokin przypisał następującą ocenę surowości pogody:

<i>SO</i>	Surowość pogody okresu zimowego:
1 i mniej	– pogoda łagodna
od więcej niż 1 do 2	– pogoda lekko surowa
od więcej niż 2 do 3	– pogoda umiarkowanie surowa
od więcej niż 3 do 4	– pogoda surowa
od więcej niż 4 do 5	– pogoda bardzo surowa
od więcej niż 5 do 7	– pogoda niezwykle surowa
od więcej niż 7	– pogoda ekstremalnie surowa.



Ryc. 39. Częstość występowania poszczególnych klas surowości pogody, określonych na podstawie wartości wskaźnika SO, w niektórych miejscowościach Polski, 1961–1970 (Błażejczyk, Siemiaszko 1980)

Frequency of particular classes of weather severity defined by *SO* index in selectes sites in Poland, 1961–1970 (Błażejczyk, Siemiaszko 1980)

Wskaźnik surowości pogody zastosowali do oceny warunków bioklimatycznych wybranych miejscowości Polski (Kołobrzeg, Ciechocinek i Krynica) K Błażejczyk i H. Siemiaszko (1980). Stwierdzili, że pogoda surowa pojawiała się jedynie w Krynicy. Tam też, częściej niż w Ciechocinku i Kołobrzegu występowała pogoda umiarkowanie surowa (ryc. 39). Zaobserwowali także, że w Kołobrzegu zimą zaznaczył się łagodzący wpływ Morza Bałtyckiego, na co wskazuje częstsze niż w Ciechocinku występowanie pogody łagodnej.

4.2.9. DOPUSZCZALNY POZIOM AKTYWNOŚCI FIZYCZNEJ

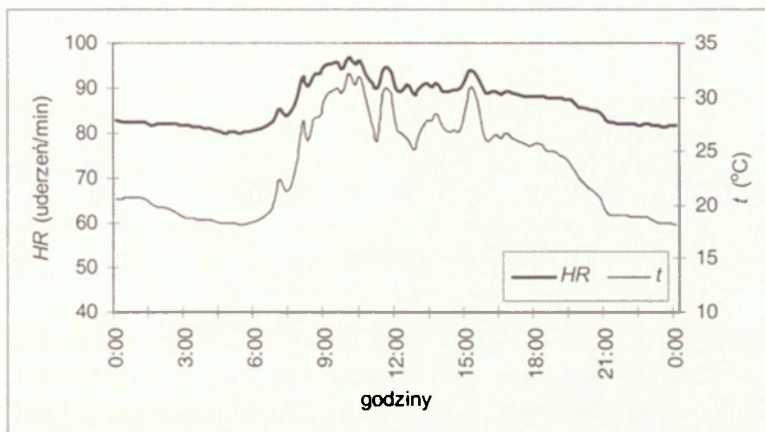
Jedną z ważniejszych charakterystyk fizjologicznych jest częstotliwość tętna (*HR* – Heart Rate). Określa ona ilość uderzeń serca w ciągu minuty. Na wartość *HR* mają wpływ zarówno aktywność fizyczna człowieka, jak i niektóre parametry meteorologiczne (temperatura powietrza i ciśnienie pary wodnej). Informacja o możliwej częstotliwości tętna jest bardzo przydatna w ocenie warunków pracy oraz aktywnej rekreacji i turystyki. Wartość *HR* jest najczęściej mierzonym parametrem pracy serca. Może być ona także oszacowana według następującego wzoru (Fuller, Brouha 1966):

$$HR = 22,4 + 0,18 \cdot M + 0,25 \cdot (5 \cdot t + 2,66 \cdot \nu p) \quad [4.18]$$

Wartość wskaźnika *HR* wzrasta wraz ze wzrostem temperatury powietrza i ciśnienia pary wodnej oraz ze wzrostem wysiłku fizycznego. Podręczniki fizjologii podają, że prawidłowe tętno wynosi u mężczyzny 70–72 uderzenia na minutę, a u kobiet 78–82. Wraz ze wzrostem *HR* powyżej tych wartości

wzrasta obciążenie układu krwionośnego. Wartością ostrzegawczą HR jest 90 uderzeń serca na minutę.

Obliczone dla wybranego dnia upalnego w Warszawie wartości częstotliwości tętna wskazują, że przy umiarkowanej aktywności fizycznej (spacer z prędkością 4 km/godz) przez okres całej doby wartości HR przekraczają 80 uderzeń serca na minutę, a w godzinach od 8⁰⁰ do 16⁰⁰ przekraczają poziom ostrzegawczy, czyli 90 uderzeń na minutę (ryc. 40).



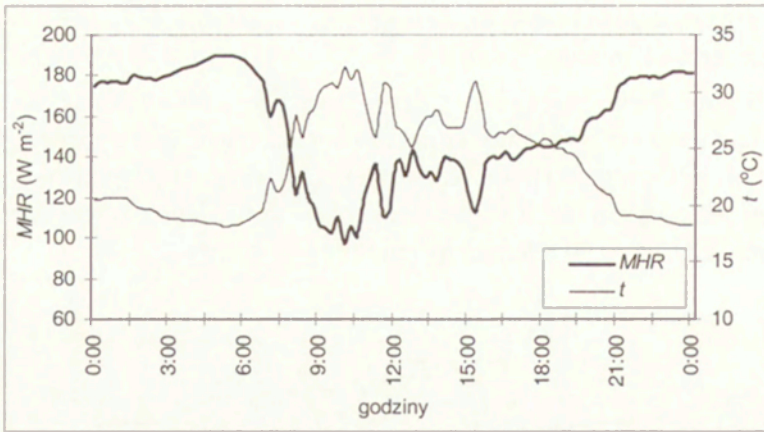
Ryc. 40. Przebieg dobowy częstotliwości tętna (HR) i temperatury powietrza (t) w dniu upalnym w Warszawie (1 lipca 2001)

Daily courses of heart rate (HR) and air temperature (t) during hot day (1 July 2001, Warsaw)

Znając aktualne warunki meteorologiczne podczas rekreacji można zatem określić dopuszczalny poziom aktywności fizycznej (MHR , w $W \cdot m^{-2}$) nie powodujący nadmiernego obciążenia serca:

$$MHR = [90 - 22,4 - 0,25 \cdot (5 \cdot t + 2,66 \cdot vp)] / 0,18 \quad [4.19]$$

Obliczenia dopuszczalnego poziomu aktywności fizycznej wykonane dla dnia upalnego w Warszawie wskazują, że warunki termiczno-wilgotnościowe pozwalały na podejmowanie intensywnej pracy fizycznej lub intensywnych zajęć rekreacyjnych jedynie w godzinach nocnych; wartości MHR dochodziły wtedy nawet do $190 W \cdot m^{-2}$. W ciągu dnia aktywność fizyczna człowieka powinna być ograniczona, aby nie powodować nadmiernego obciążenia układu krążenia; metaboliczna produkcja ciepła nie powinna przekraczać $100 W \cdot m^{-2}$ (ryc. 41). Informacje o metabolicznej produkcji ciepła podczas różnej aktywności fizycznej człowieka można znaleźć w rozdziale 5.2.1.

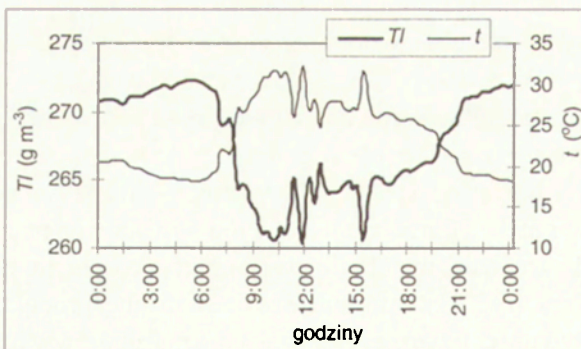


Ryc. 41. Dopuszczalny poziom aktywności fizycznej (MHR) przy różnej temperaturze powietrza (t) w dniu upalnym (1 lipca 2001, Warszawa)
Maximal level of activity (MHR) at various air temperature (t) during hot day (1 July 2001, Warsaw)

4.2.10. ZAWARTOŚĆ TLENU W POWIETRZU

W rozdziale 2 omówiono zmiany zawartości tlenu w powietrzu, jakie zachodzą wraz ze wzrostem wysokości nad poziomem morza. Ilość tlenu w powietrzu zależy także od aktualnych warunków meteorologicznych, przede wszystkim temperatury i wilgotności powietrza oraz ciśnienia atmosferycznego. Dlatego też zawartość tlenu w powietrzu (Tl – Oxygen Volume w $\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$) jest traktowana jako wskaźnik biometeorologiczny (Wojtach 2003). Zawartość tlenu w powietrzu oblicza się według następującego wzoru:

$$Tl = [80,51 \cdot ap / (t + 273)] \cdot (1 - vp / ap) \quad [4.20]$$



Ryc. 42. Przebieg dobowy zawartości tlenu w powietrzu (Tl) oraz temperatury powietrza (t) w dniu upalnym (1 lipca 2001, Warszawa)
Daily courses of oxygen volume (Tl) and air temperature (t) during hot day (1 July 2001, Warsaw)

W wybranym dniu upalnym zawartość tlenu w powietrzu zmieniała się od 260 do 273 g·m⁻³. W godzinach okołopołudniowych, podczas najwyższej temperatury powietrza ilość tlenu była o około 4% mniejsza niż w godzinach nocnych. Świadczy to o znacznej uciążliwości warunków biotermicznych, zwłaszcza w przypadku osób wykonujących pracę fizyczną lub korzystających z aktywnych form rekreacji.

4.3. WSKAŹNIKI BIOKLIMATYCZNE

Dotychczas przedstawione zostały najczęściej wykorzystywane wskaźniki biometeorologiczne. Wyznacza się je bowiem na podstawie chwilowych wartości elementów meteorologicznych. Celem badań w skali regionalnej lub globalnej jest jednak najczęściej porównanie warunków bioklimatycznych panujących w różnych regionach i wskazanie tych miejsc, które cechują się korzystniejszymi od innych warunkami do wypoczynku i turystyki. Przedstawione niżej wskaźniki opierają się na charakterystykach klimatycznych, a więc na uśrednionych za wielolecie wartościach elementów meteorologicznych. Choć w ich nazwach nie występuje człon „bio”, to jednak rozpatrywane charakterystyki klimatu, mające bezpośredni wpływ na organizm człowieka, pozwalają na włączenie tych wskaźników do grupy bioklimatycznych.

4.3.1. WSKAŹNIK KLIMATYCZNO-TURYSTYCZNY

Wskaźnik klimatyczno-turystyczny (*TCI* – Tourism Climate Index) został zaproponowany w 1985 r. przez Z. Mieczkowskiego, polskiego geografa pracującego w Kanadzie (Mieczkowski 1985). *TCI* uwzględnia nie tylko cechy termiczne klimatu, ale także inne jego elementy, które mają wpływ na uprawianie turystyki i rekreację. Na ocenę klimatu z punktu widzenia potrzeb turystyki wpływają, według autora, następujące cechy klimatu: temperatura i wilgotność powietrza, prędkość wiatru, usłonecznienie i opady atmosferyczne. Wskaźnik turystyczno-klimatyczny opiera się na systemie punktowym. W skali od 0 do 5 (a w przypadku charakterystyk termicznych od –3 do 5) oceniana jest przydatność poszczególnych elementów klimatu na potrzeby turystyki i rekreacji, a następnie oceny cząstkowe są sumowane według następującego wzoru:

$$TCI = 2 \cdot (4 \cdot CId + Cla + 2 \cdot RR^* + 2 \cdot SD + Wv) \quad [4.21]$$

gdzie:

CId – wskaźnik oceny komfortu cieplnego dla godzin dziennych,

Cl – wskaźnik oceny komfortu cieplnego doby,

*RR** – wskaźnik oceny opadów atmosferycznych,

SD – wskaźnik oceny usłonecznienia,
 Wv – wskaźnik oceny prędkości wiatru.

Wtedy, gdy cząstkowe wskaźniki oceny wszystkich elementów klimatu wynoszą 5 punktów wtedy wartość TCI wynosi 100. Wszystkie wskaźniki cząstkowe oceny opierają się na dostępnych w klimatologicznych bazach danych wartościach miesięcznych (średnich, sumach) uwzględnionych elementów klimatu.

W przypadku wskaźnika oceny opadów atmosferycznych (RR^*) przyjmuje się następujące wartości progowe średniej miesięcznej sumy opadu:

RR^*	Średnia miesięczna suma opadu (mm):
5,0	– od 0,0 do mniej niż 15
4,5	– od 15 do mniej niż 30
4,0	– od 30 do mniej niż 45
3,5	– od 45 do mniej niż 60
3,0	– od 60 do mniej niż 75
2,5	– od 75 do mniej niż 90
2,0	– od 90 do mniej niż 105
1,5	– od 105 do mniej niż 120
1,0	– od 120 do mniej niż 135
0,5	– od 135 do mniej niż 150
0,0	– 150 i więcej.

W odniesieniu do warunków solarnych stosuje się wskaźnik oceny usłonecznienia (SD), który przyjmuje różne wartości w zależności od średniej dobowej sumy godzin ze słońcem w kolejnych miesiącach według następującej skali:

SD	Średnia dobowe usłonecznienie rzeczywiste (godz.):
5,0	– 10 i więcej
4,5	– od 9 do mniej niż 10
4,0	– od 8 do mniej niż 9
3,5	– od 7 do mniej niż 8
3,0	– od 6 do mniej niż 7
2,5	– od 5 do mniej niż 6
2,0	– od 4 do mniej niż 5
1,5	– od 3 do mniej niż 4
1,0	– od 2 do mniej niż 3
0,5	– od 1 do mniej niż 2
0,0	– mniej niż 1.

W przypadku wskaźnika oceny prędkości wiatru (Wv) przyjmuje się średnią miesięczną prędkość wiatru. Wartość Wv jest zróżnicowana w zależności od ogólnych warunków klimatycznych badanego obszaru (dla Polski i całej

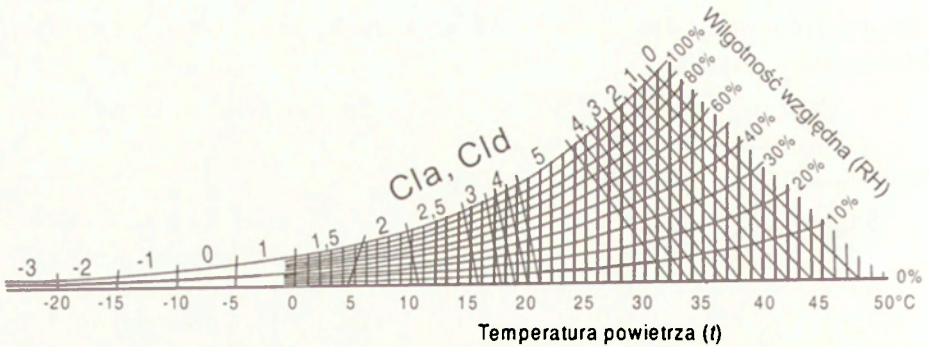
Europy Środkowej należy przyjąć wartości W_v dla umiarkowanych warunków klimatycznych):

Wartość wskaźnika W_v dla warunków klimatycznych			Średnia miesięczna prędkość wiatru ($m \cdot s^{-1}$)
umiarkowanych	zimnych	gorących	
5,0	2,0	2,0	– mniej niż 0,8
4,5	2,5	1,5	– od 0,8 do mniej niż 1,7
4,0	3,0	1,0	– od 1,7 do mniej niż 2,6
3,5	4,0	0,5	– od 2,6 do mniej niż 3,5
3,0	5,0	0,0	– od 3,5 do mniej niż 5,6
2,5	4,0	0,0	– od 5,6 do mniej niż 6,8
2,0	3,0	0,0	– od 6,8 do mniej niż 8,1
1,0	2,0	0,0	– od 8,1 do mniej niż 10,8
0,0	0,0	0,0	– 10,8 i więcej

Wskaźnik oceny warunków termicznych w ciągu dnia (Cld) wyznacza się na podstawie analizy średniej miesięcznej temperatury powietrza i średniej miesięcznej wilgotności względnej powietrza dla południowego terminu obserwacyjnego (12⁰⁰ UTC). Natomiast wskaźnik oceny warunków termicznych doby (Cla) określa się opierając na średnich dobowych wartościach temperatury powietrza i wilgotności względnej powietrza. Aby wyznaczyć wartości wskaźników Cld i Cla należy korzystać ze specjalnego diagramu (ryc. 43). Wyznaczane wartości Cld lub Cla znajdują się na przecięciu linii oznaczających odpowiednie wartości temperatury powietrza oraz wilgotności względnej powietrza.

Wartości TCI można poklasyfikować z uwagi na stopień przydatności warunków klimatycznych do turystyki:

TCI	Ocena przydatności klimatu do turystyki:
od 90 do 100	– idealny
od 80 do mniej niż 90	– doskonały
od 70 do mniej niż 80	– bardzo dobry
od 60 do mniej niż 70	– dobry
od 50 do mniej niż 60	– umiarkowany
od 40 do mniej niż 50	– mało korzystny
od 30 do mniej niż 40	– niekorzystny
od 20 do mniej niż 30	– bardzo niekorzystny
od 10 do mniej niż 20	– skrajnie niekorzystny
mniej niż 10	– aktywność turystyczna niemożliwa



Ryc. 43. Diagram do wyznaczania wartości wskaźników *Cla* i *Cld* (Mieczkowski 1985)
Diagrams used for assessing *Cla* and *Cld* coefficients of tourism-climate index (*TCI*)

4.3.2. WSKAŹNIK KONTRASTOWOŚCI BIOKLIMATU

Wskaźnik kontrastowości bioklimatu (*BD* – Bioclimatic Distance, bez wymiaru) został zaproponowany przez naukowców bułgarskich do oceny zróżnicowania przestrzennego i sezonowego warunków bioklimatycznych (Mateeva, Filipov 2003). Wskaźnik opiera się na porównaniu izolacyjności termicznej odzieży niezbędnej do zachowania komfortu cieplnego w różnych miejscach lub okresach. Efektywną izolacyjność termiczną odzieży (*ECI*) wyznacza się z równania bilansu cieplnego człowieka (MENEX_2002). Do obliczeń przyjmuje się średnie miesięczne wartości parametrów meteorologicznych oraz stałą temperaturę skóry, równą 32°C. Wskaźnik *BD* jest bezwymiarowy i oblicza się go następująco:

$$BD = [(ECIn - ECIm) / 13] \cdot 100 \quad [4.22]$$

gdzie:

ECIn – efektywna izolacyjność termiczna odzieży w miejscu n,

ECIm – efektywna izolacyjność termiczna odzieży w miejscu m.

Współczynnik liczbowy 13 jest wyrażony w jednostkach *clo* i reprezentuje maksymalnie możliwą różnicę *ECI*.

Wskaźnik *BD* może być także zastosowany do określenia kontrastowości bioklimatycznej różnych okresów (np. miesięcy, pór roku). Należy w tym celu do wzoru [4.22] wstawić wartości *ECI* dla badanych okresów.

Wraz ze wzrostem wartości *BD* rośnie stopień kontrastowości warunków bioklimatycznych porównywanych obszarów lub okresów. Sytuacja taka wymaga od organizmu sprawności mechanizmów termoregulacyjnych, które pozwolą w maksymalnie krótkim czasie na zaaklimatyzowanie się do zmienionych warunków otoczenia. Im wyższa jest wartość *BD* tym okres aklimatyzacji jest dłuższy.

4.4. KLASYFIKACJE WARUNKÓW POGODOWYCH

Jeszcze innym sposobem oceny oddziaływania warunków meteorologicznych na człowieka jest analiza całego kompleksu pogodowego. Przez pogodę rozumie się chwilowy stan atmosfery nad danym obszarem, określony zespołem powiązanych ze sobą elementów meteorologicznych (Kaczorowska 1977; Woś 1996). Pod wpływem zespołu czynników meteorologicznych działających silnie bodźcowo mogą zachodzić niepożądane reakcje organizmu człowieka. Reakcje te zależą od wrażliwości osobniczej i ogólnego stanu organizmu. Na zmiany pogody narażone są podstawowe układy organizmu: nerwowy, krążenia, oddychania oraz poszczególne narządy.

Aktywne biologicznie sytuacje pogodowe, podczas których obserwuje się subiektywne dolegliwości u ludzi zdrowych oraz nasilenie obiektywnych objawów chorobowych u większości chorych określa się powszechnie mianem sytuacji meteorotropowych (Grączewski 1972; Parsons 1993; Sulman 1982). Termin **meteorotropizm** został zapożyczony z prac niemieckich, gdzie użyto go po raz pierwszy. Składają się nań dwa słowa greckie *meteoros* = unoszący się w powietrzu oraz *trópos* = zwrot, co nie odpowiada znaczeniu zjawiska meteorotropizmu. Bardziej odpowiedni wydaje się termin **meteoropresja**, mówiący wprost o nacisku na organizm człowieka powodowanym przez to wszystko, co wiąże się z atmosferą. Meteoropresyjne są przede wszystkim sytuacje: cyklonalne (niżowe), związane z przechodzeniem frontów atmosferycznych (szczególnie chłodnych) oraz z adwekcją mas powietrza o kontrastowych cechach fizycznych. Rozpatrując problem wpływu pogody i klimatu na ustrój zdrowego człowieka należy wziąć pod uwagę, że mamy do czynienia z jednej strony ze zmieniającymi się w czasie i przestrzeni warunkami atmosferycznymi, z drugiej natomiast – z reakcjami fizjologicznymi człowieka.

Do oceny wpływu pogody na człowieka stosuje się różne klasyfikacje, które można podzielić na dwie zasadnicze grupy:

- **klasyfikacje biosynoptyczne**, czyli analizujące stan aktualny i zmiany sytuacji synoptycznych w aspekcie ich oddziaływania na człowieka,
- **typologie pogody**, analizujące wpływ na człowieka całego zespołu elementów meteorologicznych.

Pierwszą w Polsce biosynoptyczną klasyfikację pogody opracował W. Wojtowicz (1966). Opiera się ona na analizie faz rozwoju sytuacji barycznych (niżowych i wyżowych) oraz odległości badanego obszaru od centrum niżu lub wyżu. Autor stwierdza, że najbardziej meteoropresyjne są następu-

jące sytuacje baryczne: niż bliski pogłębiający się, niż bliski wypełniający się oraz niż daleki pogłębiający się. Dużą meteoropresją charakteryzują się także sytuacje przejściowe związane z niżami bliskimi (przejście od wyżu do niżu bliskiego pogłębiającego się, wyż z zaburzeniami).

Inną klasyfikację pogody, w której poza układami barycznymi uwzględnia się rodzaj zachmurzenia, przebieg dzienny temperatury i wilgotności powietrza, ciśnienie atmosferyczne, zawartość ozonu oraz elektryczność atmosferyczną jest klasyfikacja H. Ungeheuer'a, H. Brezowsky'ego i H. Reinders'a. Autorzy wyróżniają 6 podstawowych klas pogody, nawiązujących do panującego układu barycznego i przypisują im określone reakcje organizmu (Kozłowska-Szczęśna i in. 1997).

Typologie pogody charakteryzują w sposób kompleksowy cały zespół elementów meteorologicznych, które są kształtowane przez czynniki cyrkulacyjne oraz przez lokalne właściwości środowiska geograficznego (lokalne czynniki klimatotwórcze). Najczęściej uwzględnianymi elementami meteorologicznymi są: temperatura powietrza, prędkość wiatru i zachmurzenie oraz opad atmosferyczny i jedna z charakterystyk wilgotności powietrza.

Można wyróżnić typologie ogólnoklimatyczne oraz typologie bioklimatyczne, to znaczy takie, które rozpatrują elementy pogody z punktu widzenia ich oddziaływania na organizm człowieka. Do pierwszej grupy zaliczyć można typologie: Fedorowa-Czubukowa (por. Błażejczyk 1979)) oraz A. Wosia (1999). Pierwsza z nich została zaadoptowana do oceny warunków bioklimatycznych w uzdrowiskach (Čubukov, Nevraev 1960; Nevraev, Čubukov, red., 1964). Także typologia Wosia została zastosowana do oceny warunków bioklimatycznych, rozpatrywanych z punktu widzenia rekreacji (Woś 2002/2003).

Typologie bioklimatyczne N. Daniłowej (Danilova 1988) oraz K. Błażejczyka (Błażejczyk 1979, 1980a, b, 1981) charakteryzują się takim doborem elementów meteorologicznych lub wskaźników bioklimatycznych, które odznaczają się określonym działaniem bodźcowym na organizm człowieka. Typologie te są szczegółowo omówione we wcześniejszych pracach K. Błażejczyka (1979, 1983).

Typologie te mimo niewątpliwych zalet mają także istotne wady i niedostatki, z których najistotniejsze to: ogromna pracochłonność, pewna dowolność w oznaczaniu typu pogody, a przede wszystkim nieuwzględnianie rzeczywistego oddziaływania atmosfery na człowieka i jego reakcji na bodźce pogodowe. Niedostatków tych nie posiada nowa, biotermiczno-meteorologiczna typologia warunków pogodowych, która zostanie przedstawiona w roz-

dziale 7. Typologia ta opiera się na analizie warunków biotermicznych, określonych poprzez analizę bilansu cieplnego człowieka, oraz uwzględnia niektóre charakterystyki meteorologiczne, ważne z punktu widzenia rekreacji i turystyki.

W codziennej praktyce rekreacyjnej i turystycznej bardzo cenna i przydatna jest umiejętność przewidywania pogody na najbliższy okres na podstawie możliwych do zaobserwowania w terenie objawów i zjawisk. Nie zawsze bowiem mamy dostęp do prognoz pogody podawanych przez służby meteorologiczne. Pomocne mogą być w tym celu propozycje M. Holca i P. Tymańskiego (1973), zmodyfikowane przez A. Wosia (1996) (tab. 10).

Tabela 10. Wybrane oznaki lokalnej pogody (Woś 1996)

Oznaka lokalna	Prognoza
Ciśnienie powietrza	
<p>Ciśnienie systematycznie maleje. Bardzo szybki spadek ciśnienia. Systematyczny wzrost ciśnienia po pogodzie deszczowej z silnym wiatrem. Podczas mgły wzrost ciśnienia. Na krzywej kreślonej przez barograf widać wyraźnie wahania dobowe ciśnienia. Spadek ciśnienia o 2- 4 hPa w ciągu 3 godz. Wzrost ciśnienia o więcej niż 4 hPa w ciągu 3 godz.</p>	<p>Nadciąganie niżu (front ciepły), opady, silny wiatr. Zbliżanie się cyklonu tropikalnego lub głębokiego niżu pozazwrotnikowego. Nadciąganie wyżu, poprawa pogody. Zanik mgły Utrzymanie się dobrej pogody. Przednia część niżu, wzrost prędkości wiatru. Przejsięcie frontu chłodnego, wzrost prędkości wiatru.</p>
Wiatr	
<p>Niezmiennający się wiatr zachodni podczas niepogody. Podczas długotrwałego deszczu prędkość wiatru wyraźnie wzrasta. Wiatr, który przez wiele dni wiał gwałtownie z jednego kierunku, raptownie skręca. Prędkość wiatru rośnie, wiatr nie zmienia kierunku (maleje ciśnienie). Kierunek wiatru nie ulega zmianie, a jego prędkość maleje (ciśnienie rośnie). Wiatr wieczorem się wzmaga. Występowanie wyraźnej cyrkulacji bryzowej. Zanik bryz (przede wszystkim na tych obszarach, w których są one zjawiskiem codziennym).</p>	<p>Utrzymanie się niepogody. Zanik deszczu. Pogorszenie się pogody, opady, silny wiatr. Nadciąga niż pozazwrotnikowy lub cyklon tropikalny. Niż pozazwrotnikowy lub cyklon tropikalny oddala się. Możliwość pogorszenia się pogody. Utrzymanie się dobrej pogody. Pogorszenie się pogody.</p>
Temperatura powietrza	
<p>Wzrost temperatury powietrza zimą i nieznaczny spadek latem. Szybki wzrost temperatury podczas niepogody. Nienormalny wzrost temperatury wieczorem lub nocą.</p>	<p>Zbliżanie się frontu ciepłego. Przeszedł front chłodny. Pogorszenie się pogody.</p>
Wilgotność powietrza	
<p>Szybki wzrost prężności pary wodnej przy jednoczesnym wzroście temperatury powietrza i spadku ciśnienia. Szybki wzrost prężności pary wodnej przy jednoczesnym spadku temperatury powietrza. Duży wzrost prężności pary wodnej przy stałym spadku ciśnienia powietrza.</p>	<p>Opady, burza (latem). Mgła. Burza.</p>

Chmury	
Nadciągające i stopniowo gęstniejące chmury <i>Ci</i>	Pogorszenie się pogody, front ciepły.
Chmury <i>Ci</i> w małej ilości i rozrzucone po niebie, poruszające się powoli.	Utrzymanie się dobrej pogody.
Chmury <i>Cs</i> zakrywające całe niebo po szybkim przejściu chmur <i>Ci</i> .	Nadciąganie frontu ciepłego.
Chmury <i>Ac</i> z rozplywającymi się brzegami nadciągające w ślad za chmurami <i>Ci</i> oraz <i>Cs</i> i stopniowo łączące się w jednolitą warstwę.	Front ciepły, opady, silny wiatr.
Chmury <i>Ac</i> w postaci niewielkich i szybko zmieniających się kul pojawiające się łącznie z chmurami <i>Ci</i> i przechodzące później w chmury <i>Sc</i> lub chmury o kształcie soczewek (<i>Ac lent</i>).	Chłodny front, przelotne opady, burza.
Chmury <i>As</i> pojawiające się za chmurami <i>Ci</i> , gęstniejące i obniżające się (przy stałym spadku ciśnienia).	Front ciepły, opady, silny wiatr.
Przejaśnienie za ustępującymi chmurami <i>Sc</i> , których granica jest na ogół bardzo wyraźna.	Dobra pogoda.
Niskie chmury <i>St</i> obserwowane w nocy, a w ciągu dnia przechodzące w chmury <i>Cu</i> .	Pogoda z przelotnymi opadami i silnym wiatrem (front chłodny).
Strzępy niskich chmur przesuwające się pod chmurami <i>Cb</i> , <i>Ns</i> , <i>As</i> lub pod gęstymi chmurami <i>Sc</i> .	Pogoda z wiatrem i opadami.
Chmury <i>Cu</i> rozrastające się znacznie (poziomo i pionowo).	Przelotne opady, silny wiatr, możliwe szkwały.
Chmura <i>Cb</i> widoczna w pobliżu widnokregu i przypominająca kowadło lub grzyb z chmurami <i>Ci</i> rozchodzącymi się od wierzchołka.	Burza, silny szkwalisty wiatr.
Ciemny wał u podstawy chmury <i>Cb</i> (kołnierz burzowy).	Szkwał, ulewa, burza, możliwy grad i trąby.
Barwa nieba	
Białawe niebo w ciągu dnia.	Nadejście opadów.
Czerwone niebo o wschodzie Słońca.	Nadejście opadów i silnego wiatru.
Pomarańczowoczerwone niebo po zachodzie Słońca.	Pogorszenie się pogody.
Złotawa barwa nieba po zachodzie Słońca.	Utrzymanie się dobrej pogody.
Inne zjawiska	
Dym unosi się pionowo lub ukośnie ku górze.	Utrzyma się lub nadciągnie piękna pogoda wyżowa.
Dym ścielący się przy powierzchni Ziemi przy pogodzie bezwietrznej.	Można oczekiwać wiatru i pogorszenia pogody.
Słaba słyszalność dźwięku.	Poprawa pogody.
Bardzo dobra słyszalność dźwięku.	Pogorszenie się pogody, opady, burza.
Silne migotanie gwiazd. Światło gwiazd ma zabarwienie czerwone lub niebieskawe.	Nadciąganie niżu, pogorszenie się pogody.
Zakłócenia odbioru radiowego.	Możliwość pogorszenia się pogody.

5. TERMOFIZJOLOGICZNE PODSTAWY REKREACJI I TURYSTYKI

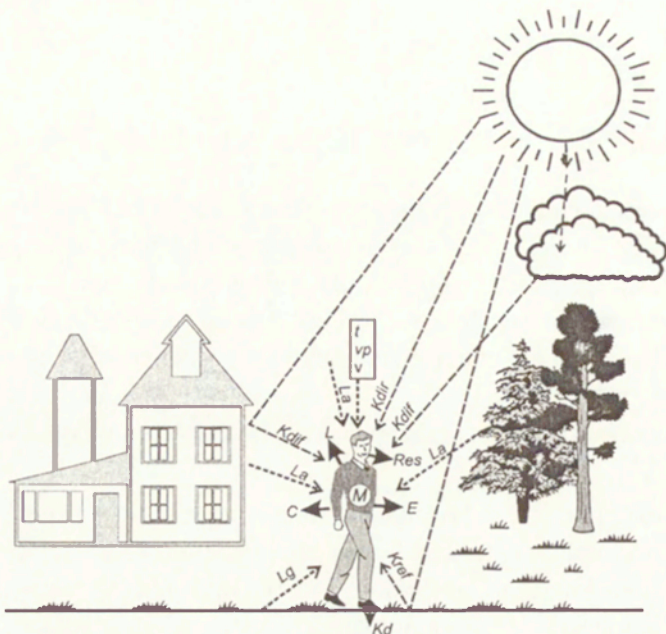
Większość przedstawionych dotychczas metod badań bioklimatu opiera się na analizie pojedynczych elementów meteorologicznych lub ich grup. Nie odnoszą się one w sposób bezpośredni do reakcji fizjologicznych organizmu ludzkiego, a ich oddziaływanie na człowieka jest uwzględniane na podstawie badań odczuwalności cieplnej lub obciążeń cieplnych, prowadzonych metodami ankietowymi i statystycznymi. Dotyczy to także tych wskaźników, które ilustrują straty ciepła z organizmu (wielkość ochładzająca powietrza, wskaźnik ochładzania wiatrem).

Aby poznać bezpośrednio oddziaływanie warunków meteorologicznych na organizm ludzki, w ciągu ostatnich 50 lat rozwinęły się intensywnie badania bilansu cieplnego człowieka. Poglębia się dzięki temu wiedza na temat relacji pomiędzy funkcjonowaniem organizmu człowieka a czynnikami meteorologicznymi. Na kształtowanie się wymiany ciepła pomiędzy człowiekiem a otoczeniem oddziałują bowiem dwie grupy czynników: fizjologiczne i środowiskowe (w tym meteorologiczne). Występują między nimi wielorakie powiązania (ryc. 44).

Analiza tych powiązań daje podstawę do obiektywnej oceny wpływu czynników środowiskowych na organizm człowieka. Istnieje także, ciągle poszerzana i uzupełniana, grupa wskaźników biometeorologicznych i innych aplikacji (np. klasyfikacje pogody, klasyfikacje klimatów lokalnych), które powinny być stosowane do szczegółowej oceny warunków klimatycznych na potrzeby rekreacji i turystyki. Trzeba bowiem przypomnieć, że celem rekreacji jest zapewnienie organizmowi odpoczynku i odnowy lub też wzmocnienie jego sił witalnych. Dlatego też ważne jest określenie z jakimi i jak silnymi bodźcami, głównie termicznymi, może rekreant lub turysta zetknąć się przebywając w danym miejscu, w danej porze roku i w danych warunkach pogodowych oraz jakie reakcje w organizmie mogą te bodźce wywołać.

5.1. OGÓLNY MODEL BILANSU CIEPLNEGO

Człowiek jest istotą stałocieplną. Podstawą prawidłowego funkcjonowania takich organizmów jest utrzymanie temperatury wewnętrznej na stałym poziomie (stan taki nosi miano **homeotermii**). U człowieka poziom ten wynosi około 37°C. Dlatego też procesy termoregulacyjne istot stałocieplnych



Ryc. 44. Człowiek i jego środowisko termiczne:

elementy meteorologiczne: t – temperatura powietrza, vp – ciśnienie pary wodnej, v – prędkość wiatru,

promieniowanie słoneczne: K_{dir} – bezpośrednie, K_{dif} – rozproszone, K_{ref} – odbite,
promieniowanie ciepłne: L_a – promieniowanie zwrotne atmosfery, L_g – emisja ciepłna podłoża,

strumienie ciepła: M – metaboliczny, E – ewaporacyjny, C – konwekcyjny, K_d – kondukcyjny, L – radiacyjny, Res – respiracyjny

Man and his thermal environment:

meteorological elements: t – air temperature, vp – vapour pressure, v – wind speed,

solar radiation: K_{dir} – direct, K_{dif} – diffuse, K_{ref} – reflected,

thermal radiation: L_a – sky radiation, L_g – ground radiation,

heat fluxes: M – metabolism, E – evaporation, C – convection, K_d – conduction, L – radiation, Res – respiration

dążą do zrównoważenia przychodów i strat ciepła, aby stan homeotermii był zachowany. Wszelkie odchylenia od tego stanu powodują niebezpieczeństwo dla organizmu (przegrzania lub wychłodzenia) oraz stanowią duże jego obciążenie. Różnorodne procesy aklimatyzacyjne mają na celu zminimalizowanie różnic pomiędzy ilością ciepła docierającego do skóry i tkanki podskórnej (w wyniku przemian metabolicznych i pochłaniania promieniowania słonecznego) a ilością ciepła odprowadzanego do otoczenia (na drodze parowania, oddychania, przewodzenia, unoszenia i wypromieniowania długo-falowego).

Ogólne równanie bilansu cieplnego człowieka ma postać:

$$BMR + WL + Q + E + C + Res + Kd = S \quad [5.1]$$

gdzie:

BMR – podstawowa, metaboliczna produkcja ciepła,

WL – produkcja ciepła związana z aktywnością fizyczną człowieka,

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

E – straty ciepła w wyniku parowania, czyli turbulencyjnego unoszenia ciepła utajonego,

C – wymiana ciepła przez unoszenie, czyli poprzez turbulencyjną wymianę ciepła jawnego,

Res – straty ciepła w wyniku oddychania,

K – wymiana ciepła poprzez przewodzenie.

Wynikiem wymiany ciepła pomiędzy człowiekiem a otoczeniem jest saldo wymiany ciepła (*S*). W warunkach chwilowych obserwuje się bowiem bądź to przewagę zysków, bądź też – strat ciepła z organizmu, co prowadzi do zmian ilości ciepła, którym organizm dysponuje.

5.2. ŹRÓDŁA CIEPŁA DLA ORGANIZMU

5.2.1. METABOLICZNA PRODUKCJA CIEPŁA

Stałym źródłem ciepła dla organizmu są procesy metaboliczne zachodzące wewnątrz organizmu. Podstawowym procesem metabolicznym jest uwalnianie ciepła w wyniku tlenowych przemian chemicznych zachodzących w obrębie komórek organizmu. Polegają one na utlenianiu tłuszczów, cukrów, węglowodanów i innych substancji. Stąd też podstawowym sposobem określenia metabolicznej produkcji ciepła jest pomiar zużycia tlenu, zarówno w stanie spoczynku, jak i podczas wysiłku fizycznego. Dzięki specjalnym analizatorom gazowym kontroluje się ilość wdychanego powietrza i mierzy w powietrzu wydychanym ilość dwutlenku węgla, który powstaje w organizmie w wyniku procesów utleniania. Badania takie wymagają specjalistycznej aparatury i są z reguły prowadzone tylko podczas szczegółowych badań laboratoryjnych. Niewielkie ilości ciepła są także dostarczane w wyniku beztlenowych przemian energetycznych następujących w obrębie mięśni szkieletowych; ekwiwalentem 1 kalorii ciepła jest $4,18 \cdot 10^7$ erga pracy (Bligh, Johnson 1973; Kozłowski 1986; Stetson, red., 1967; Stoker i in. 1973; Sylwanowicz i in. 1989).

Na całkowitą, metaboliczną produkcję ciepła składają się:

– metabolizm podstawowy (*BMR* – Basal Metabolic Rate), oznaczający podstawową produkcję ciepła w organizmie, mierzoną w środowisku termoneutralnym, w stanie spoczynku, po śnie,

– produkcja ciepła związana z aktywnością fizyczną człowieka (*WL* – Work Load); w wyniku różnych form aktywności fizycznej człowieka następuje intensyfikacja wymiany gazowej – więcej tlenu dociera do komórek organizmu i bierze udział w utlenianiu tłuszczów, cukrów i węglowodanów, a przez to dostarczając dodatkowe ilości energii.

Na metabolizm podstawowy, który w warunkach termoneutralnych (tzn. w temperaturze otoczenia 18–25°C) wynosi 40–55 W·m⁻², wpływają takie czynniki jak: płeć, wiek, wzrost i ciężar ciała, termiczne warunki otoczenia oraz sezonowe i regionalne zróżnicowanie klimatu (Downey i in. 1971; Hammel 1965; Kenney 1985; Stetson, red., 1967). Obszerną bibliografię prac dotyczącą wpływu powyższych czynników na metabolizm podstawowy daje C. Schofield (1985).

Fizjologowie są zgodni, że wraz ze spadkiem temperatury powietrza wzrasta podstawowa metaboliczna produkcja ciepła. Jest to odpowiedź organizmu na zwiększone zapotrzebowanie energetyczne, wiążące się z intensywnym oddawaniem ciepła do otoczenia (Kaleta 1971; Klonowicz, Kozłowski 1970; Kozłowski 1986; Rewerski i in. 1972). Przy spadku temperatury otoczenia (w stosunku do warunków termoneutralnych) o około 5°C – *BMR* wzrasta o 17% (Wenneberg i in. 1973), przy spadku *t* o 10–15°C – *BMR* rośnie o około 50% (Downey i in. 1971), a przy spadku *t* o 15–20°C metabolizm podstawowy wzrasta nawet o 80% (Scholander i in. 1958).

W przypadku środowiska gorącego wyniki badań fizjologicznych nie są jednoznaczne. W niektórych eksperymentach obserwowany jest niewielki (o 5–10%) spadek *BMR* (Hammel 1965; Kozłowski 1986; Rowell i in. 1969; Smolander 1987; Strydom i in. 1966). W wielu badaniach prowadzonych w środowisku gorącym stwierdza się jednak wzrost metabolizmu podstawowego o 5–10% w stosunku do warunków termoneutralnych (Hey 1974; Ingram, Mount 1975; Vitte, Petryn 1952). C.F. Consolazio i in. (1963) uważają, że jest to spowodowane wzrostem potrzeb energetycznych intensywnie pracującego układu krążenia, aktywnością gruczołów potowych i podwyższeniem się temperatury ciała.

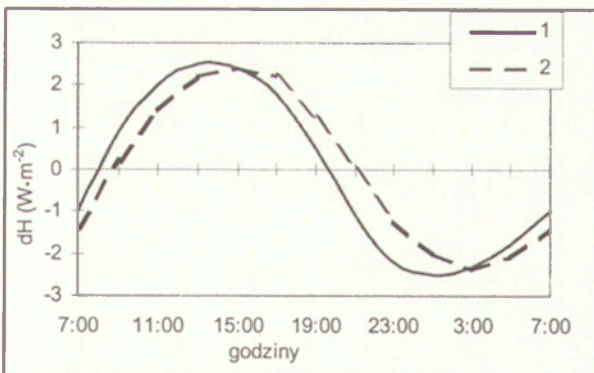
Wpływ sezonowości klimatu na podstawową produkcję ciepła badali H. Yoshimura i T. Morimoto (1974) obserwując, że *BMR* u osób zamieszkujących umiarkowane strefy klimatyczne jest zimą o 10–20% większy niż latem.

Ważnymi czynnikami różnicującymi podstawową metaboliczną produkcję ciepła są cechy osobnicze: płeć, wiek, wzrost i ciężar ciała. W.N. Schofield (1985) przeprowadził szerokie badania porównawcze metabolizmu podstawowego zmierzonego u różnych grup ludzi. Badania statystyczne pozwoliły mu także na wyprowadzenie równań regresji wielokrotnej, przy pomocy których można z bardzo dużą dokładnością obliczyć wartość *BMR* na podstawie wzrostu i ciężaru ciała, przy uwzględnieniu różnic związanych z wiekiem i płcią człowieka (tab. 11).

Tabela 11. Równania regresji wielokrotnej do obliczania podstawowej metabolicznej produkcji ciepła (*BMR*, w $W \cdot m^{-2}$), wg W.N. Schofield, 1985

Wiek (lata)	Płeć	
	mężczyzna	kobieta
< 10	$BMR = (0,4927 \cdot wt + 3,2744 \cdot ht + 10,4)$	$BMR = (0,4267 \cdot wt + 4,0674 \cdot ht + 9,3)$
10–18	$BMR = (0,4085 \cdot wt + 3,4486 \cdot ht + 13,0)$	$BMR = (0,2103 \cdot wt + 11,7036 \cdot ht + 5,0)$
19–30	$BMR = (0,3785 \cdot wt - 0,2523 \cdot ht + 17,7)$	$BMR = (0,3425 \cdot wt + 7,1135 \cdot ht + 2,5)$
31–60	$BMR = (0,4927 \cdot wt - 0,0660 \cdot ht + 22,0)$	$BMR = (0,2043 \cdot wt + 0,0360 \cdot ht + 21,2)$
> 60	$BMR = (0,2283 \cdot wt + 24,4405 \cdot ht - 21,0)$	$BMR = (0,1983 \cdot wt + 11,5173 \cdot ht + 0,4)$

Czynnikiem zwiększającym metaboliczną produkcję ciepła ponad poziom podstawowy jest wysiłek fizyczny. Zagadnienia tego dotyczy znaczna część badań fizjoklimatycznych (Gavhed, Holmér 1989b; Nielsen i in. 1972; Rowell i in. 1969; Smolander 1987; Strydom i in. 1966; Wyndham i in. 1973; Young 1979). Obserwuje się wyraźną dobową cykliczność metabolicznej produkcji ciepła (ryc. 45); w ciągu dnia jest ona większa od sumy strat ciepła z organizmu, natomiast nocą – mniejsza (Aschoff i in. 1974; Kreider i in. 1958; Webb 1971).



Ryc. 45. Odchylenia (*dH*) produkcji ciepła (1) i sumy jego strat (2) od wartości średniej dobowej (Aschoff i in. 1974) Deviations (*dH*) of heat production (1) and heat losses (2) from mean daily values (Aschoff et al. 1974)

Wyniki badań fizjologicznych pozwoliły na opracowanie norm wielkości metabolizmu dla różnej aktywności fizycznej (ISO 8996). Tabela 12 zawiera wartości metabolicznej produkcji ciepła przy różnej aktywności fizycznej człowieka w czasie zajęć rekreacyjnych. Natężenie strumienia M jest z reguły wyrażane w watach na metr kwadratowy powierzchni ciała ($W \cdot m^{-2}$). Stosowane są jednak także inne jednostki: wat (W) lub dżul (J) i jego pochodne (kJ, MJ). W starszych opracowaniach można się także spotkać z jednostką Met; 1 Met odpowiada strumieniowi ciepła metabolicznego o natężeniu $58,15 W \cdot m^{-2}$.

Tabela 12. Metaboliczna produkcja ciepła przy różnej aktywności fizycznej człowieka (Fanger 1974; ISO 8996)

Rodzaj czynności	Metaboliczne wytwarzanie ciepła ($W \cdot m^{-2}$)*	Prędkość poruszania się ($m \cdot s^{-1}$)
Wypoczynek:		
leżąc	50	0
siedząc	60	0
stojąc	70	0
Marsz bez obciążenia:		
po równinie (km/godz)		
3,2	115	0,9
4,0	135	1,1
5,6	185	1,6
8,0	290	2,2
w górę przy nachyleniu		
(%) km/godz		
5 3,2	175	0,9
5 4,0	210	1,1
5 5,6	295	1,6
15 3,2	270	0,9
15 4,0	340	1,1
15 5,6	450	1,6
25 1,6	210	0,6
25 3,2	390	0,9
Marsz z obciążeniem po równinie		
(4 km/godz)		
10 kg	195	0,9
30 kg	255	0,9
Zajęcia rekreacyjne i sportowe		
gimnastyka	175–235	0,5–2,0
tenis	270	0,5–2,0
gra w piłkę	410	1–3
koszykówka	440	1,3
taniec	140–255	0,2–2,0
zapasy	500	0,2–0,3

* Podane wartości metabolizmu odnoszą się do tzw. „średniego człowieka” (wiek 30 lat, wzrost 175 cm, ciężar 75 kg), o metabolizmie podstawowym (*BMR*) równym $45 W \cdot m^{-2}$; w przypadku osób znacznie odbiegających od parametrów „średniego człowieka” można obliczyć rzeczywisty wydatek energetyczny organizmu stosując wartość *BMR* policzoną wg tabeli 11.

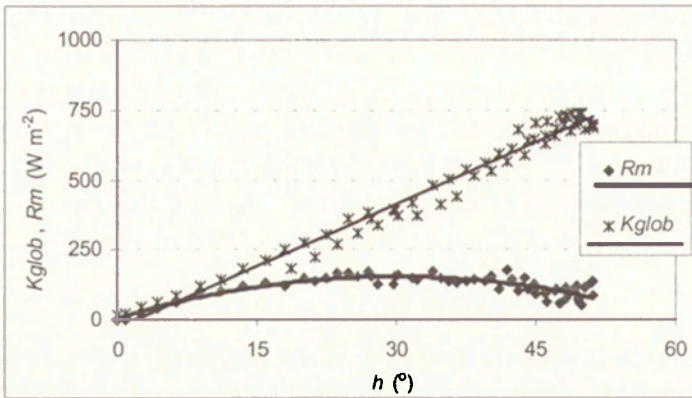
Poprawne określenie natężenia metabolicznej produkcji ciepła jest bardzo ważne dla prawidłowego planowania zajęć rekreacyjnych. Nadmierna produkcja ciepła może bowiem, podczas warunków meteorologicznych niesprzyjających jego oddawaniu z organizmu, prowadzić do zaburzeń gospodarki cieplnej i wodnej oraz do przegrzania organizmu. Z drugiej strony umiejętnie dozowany wysiłek fizyczny może nawet w czasie pogody zimnej i wietrznej powodować uczucie względnego komfortu termicznego.

5.2.2. POCHŁONIĘTE PROMIENIOWANIE SŁONECZNE

Pochłonięte promieniowanie słoneczne jest drugim, po metabolizmie, źródłem ciepła dla organizmu. Skóra człowieka oraz odzież, którą nosimy, mają zdolność pochłaniania promieniowania słonecznego (Breckenridge, Goldman 1971; Budyko 1959, 1975; Cena 1974; Clark i in. 1980; Nishi 1980). Pochłonięte promieniowanie słoneczne ma także bezpośredni wpływ na wzrost temperatury skóry (ryc. 15) (Błażejczyk 1990a, 1993, 1997, 1999; Błażejczyk i in. 1993, 2000b; Clark, Edholm 1985; Nielsen i in. 1988).

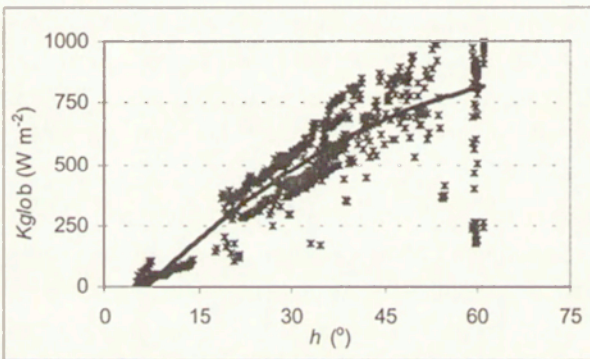
Ilość pochłoniętego promieniowania słonecznego zależy od kilku czynników: natężenia promieniowania słonecznego, kąta padania promieni słonecznych, struktury promieniowania słonecznego, albedo podłoża, usytuowania sylwetki człowieka w stosunku do promieni słonecznych oraz właściwości termoizolacyjnych i barwy odzieży.

W warunkach nieba bezchmurnego lub przy małym zachmurzeniu, obserwuje się stopniowy wzrost w czasie natężenia całkowitego promieniowania słonecznego. Przy zenitalnym położeniu tarczy słonecznej natężenie to może wynieść 1200–1300 $W \cdot m^{-2}$. Pomiary pochłaniania promieniowania słonecznego przeprowadzone w 1995 r. z użyciem manekina jako analogu sylwetki człowieka wskazały na pewne zależności pomiędzy wysokością Słońca a wartościami promieniowania pochłoniętego przez manekin (R_m). Podczas niskich położzeń tarczy słonecznej ilość promieniowania pochłoniętego wzrasta wraz z wartością h , podobnie jak natężenie K_{glob} . Już przy wysokości Słońca równej 5° wzrost wartości R_m ulega znacznemu zmniejszeniu. Niemniej ilość promieniowania pochłoniętego zwiększa się stopniowo, osiągając kulminację gdy wysokość Słońca równa się $25\text{--}30^\circ$, po czym obserwuje się stopniowy spadek wartości R_m (ryc. 46). Podobne zależności obserwowano także podczas badań prowadzonych z użyciem innego analogu człowieka, elipsoidy (Błażejczyk 1993; Błażejczyk i in. 1998b). W przypadku elipsoidy największe pochłanianie promieniowania słonecznego obserwowano przy kącie padania promieni słonecznych około 20° (ryc. 17).



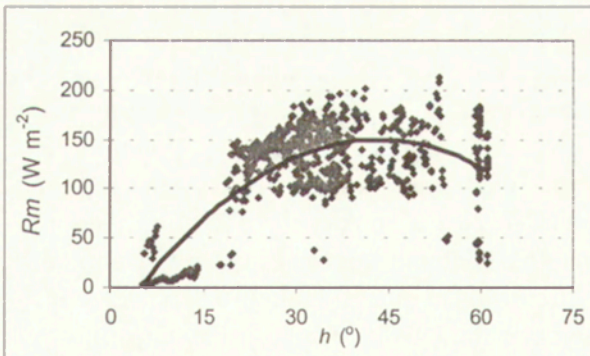
Ryc. 46. Całkowite promieniowanie słoneczne (K_{glob}) oraz promieniowanie pochłonięte przez manekina (R_m) przy różnej wysokości Słońca (h), przy zachmurzeniu nie większym niż 20%

Global solar radiation (K_{glob}) and solar radiation absorbed by a mannequin (R_m) at various Sun altitude (h) at cloudiness $< 20\%$



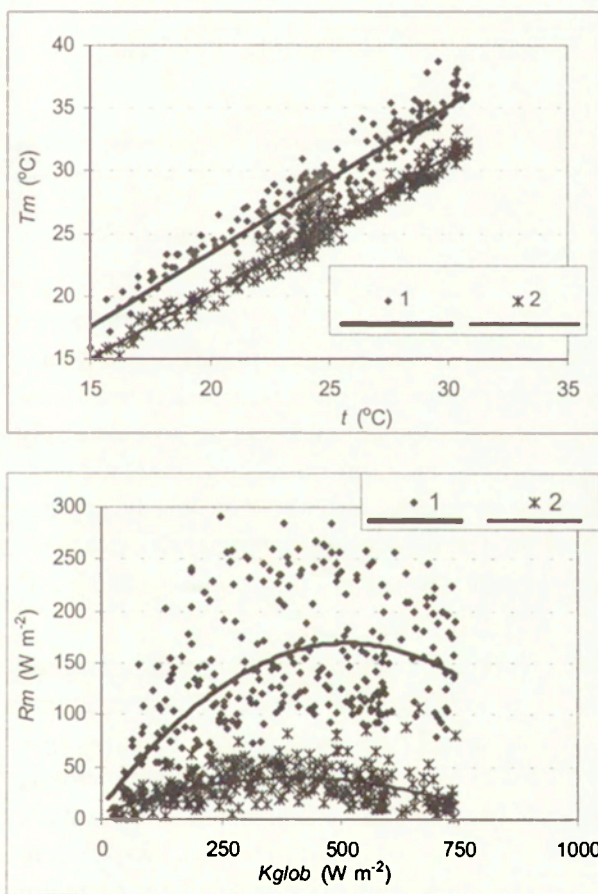
Ryc. 47. Całkowite promieniowanie słoneczne (K_{glob}) oraz promieniowanie pochłonięte przez manekina (R_m) przy różnej wysokości Słońca, przy zachmurzeniu równym 21–50%

Global solar radiation (K_{glob}) and absorbed solar radiation by a mannequin (R_m) at various Sun altitude (h) and at cloudiness of 21–50%



Podczas zachmurzenia małego i umiarkowanego ($N=21-50\%$) największe ilości promieniowania pochłoniętego notuje się przy wysokości Słońca około 40° , po czym następuje wyraźny spadek R_m (ryc. 47).

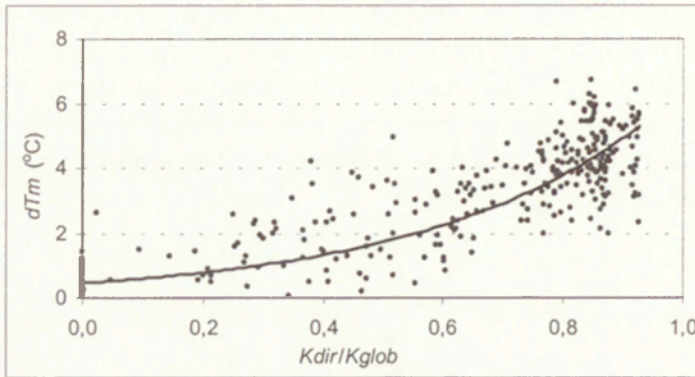
Wpływ bezpośredniego promieniowania słonecznego na wartość R_m dopływającego do powierzchni manekina (lub do powierzchni ciała człowieka) ilustrują ryciny 48–50. Powierzchnia manekina eksponowana w kierunku tarczy słonecznej pochłaniała kilkakrotnie więcej promieniowania słonecznego niż te jej fragmenty, do których docierało jedynie promieniowanie rozproszone. Efektem tego było duże zróżnicowanie termiczne powierzchni manekina. Podczas, gdy temperatura powierzchni zacienionych była zbliżona do temperatury powietrza, temperatura powierzchni nasłonecznionych była od niej wyższa o $3-5^\circ\text{C}$ (ryc. 48).



Ryc. 48. Temperatura powierzchni manekina (T_m) i pochłonięte przez manekina promieniowanie słoneczne (R_m) obserwowane w części eksponowanej (1) i nieeksponowanej (2) ku tarczy słonecznej

Temperature of a mannequin "skin" (T_m) and absorbed solar radiation (R_m) observed on exposed to the sun (1) and shaded (2) parts of a mannequin

Różnice temperatury pomiędzy eksponowaną i nieeksponowaną na działanie bezpośredniego promieniowania słonecznego częścią manekina zwiększają się wraz ze wzrostem stosunku K_{dir}/K_{glob} . W dni pogodne, gdy promieniowanie bezpośrednie stanowiło 80–95% promieniowania całkowitego nasłoneczniona część manekina była nawet o 7°C cieplejsza niż jego część zacieniona (ryc. 49).

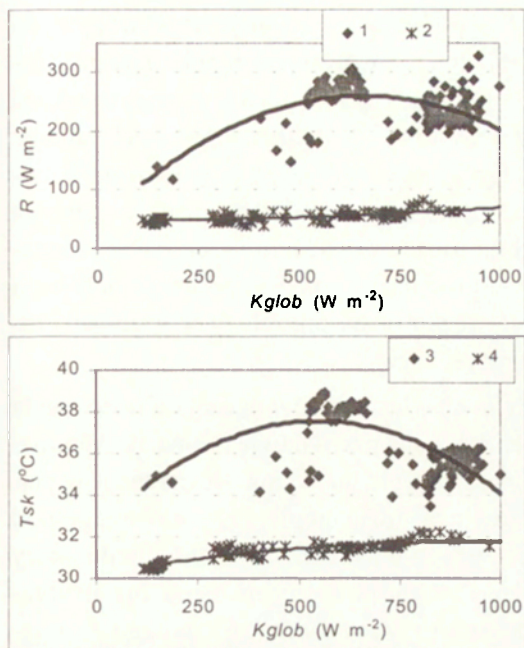


Ryc. 49. Różnice temperatury (dT_m) pomiędzy nasłonecznioną i zacienioną częścią manekina jako funkcja udziału promieniowania bezpośredniego w całkowitym promieniowaniu słonecznym (K_{dir}/K_{glob})

Temperature differences (dT_m) between sunny and shaded parts of a mannequin as a function of direct solar radiation fraction (K_{dir}/K_{glob})

Podobnie duże różnice obserwowano w przypadku człowieka stojącego na przemian w miejscu nasłonecznionym i zacienionym przez drzewa w analogicznych warunkach dopływu promieniowania słonecznego. Zarówno temperatura skóry (pod odzieżą), jak i pochłonięte promieniowanie słoneczne były podczas ekspozycji w miejscu nasłonecznionym znacząco wyższe niż podczas ekspozycji w cieniu. Największe różnice obserwowano wtedy, gdy natężenie promieniowania całkowitego w miejscu odsoniętym wynosiło 500–600 $W \cdot m^{-2}$, co odpowiada kątowi padania promieni słonecznych około 30–35° (ryc. 50).

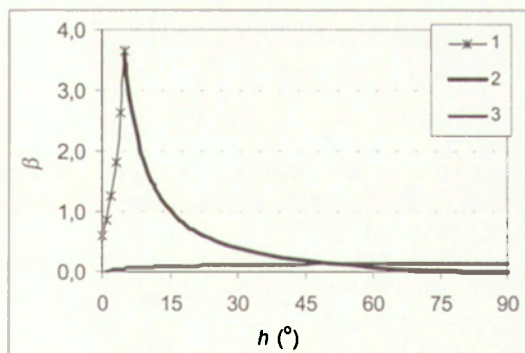
Dotychczas przedstawione wyniki badań eksperymentalnych pozwalają na sformułowanie prawidłowości, określających jaka część różnych strumieni promieniowania słonecznego jest pochłaniana przez człowieka stojącego. Służy do tego tzw. współczynnik pochłaniania (β). Ogólnie można stwierdzić, że współczynnik pochłaniania zależy od kąta padania promieni słonecznych. W przypadku promieniowania rozproszonego i odbitego wartości współczynnika β wzrastają nieznacznie wraz ze zwiększaniem się kąta padania promieni słonecznych. W odniesieniu do promieniowania bezpośredniego obserwuje



Ryc. 50. Temperatura skóry (T_{sk}) i promieniowanie pochłonięte (R) przez osobę stojącą w miejscu nasłonecznionym (1, 3) i zacienionym (2, 4) jako funkcja całkowitego promieniowania słonecznego (K_{glob})

Skin temperature (T_{sk}) and absorbed solar radiation (R) in subjects at sunny place (1, 3) and shaded place (2, 4) as a function of global solar radiation (K_{glob})

się dwa typy zależności. Przy h mniejszym od 5° wartość współczynnika β ma trend dodatni: od 0 przy $h=0^\circ$ do około 3,6 przy $h=5^\circ$. Natomiast przy wysokości Słońca większej od 5° obserwuje się trend malejący; początkowo wysokie wartości β osiągają przy $h=90^\circ$ wartość bliską zeru (ryc. 51).

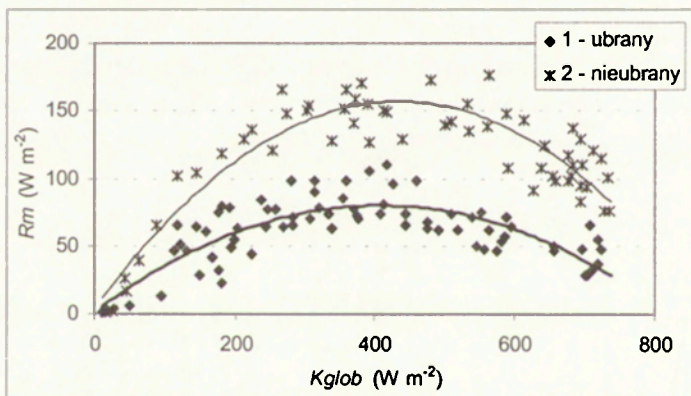


Ryc. 51. Związek pomiędzy współczynnikiem pochłaniania (β) różnych strumieni promieniowania słonecznego: 1 – bezpośredniego (przy $h < 5^\circ$), 2 – bezpośredniego przy $h > 5^\circ$, 3 – sumy promieniowania rozproszonego i odbitego a wysokością Słońca (h)

Relationships between absorption coefficient (β) of various fluxes of solar radiation and Sun altitude (h): 1 – direct (at $h < 5^\circ$), 2 – direct (at $h > 5^\circ$), 3 – sum of diffuse and reflected

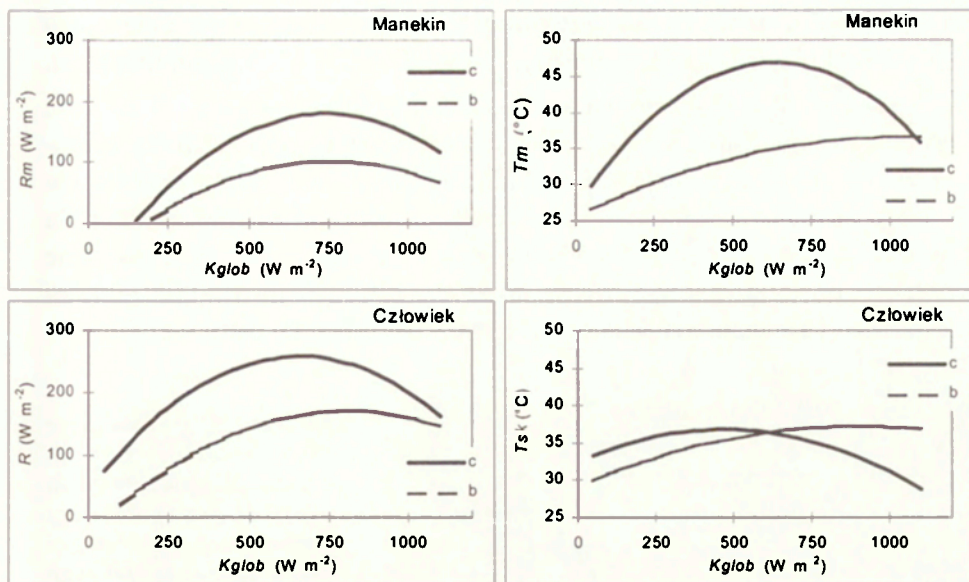
Kolejnym, ważnym elementem wpływającym na ilość dopływającej do powierzchni ciała człowieka energii, której źródłem jest pochłonięte promieniowanie słoneczne, jest odzież. W przypadku człowieka ubranego to odzież jest eksponowana na działanie promieniowania słonecznego i pochłania je. Dzięki procesom przewodzenia pochłonięta energia jest przenoszona w kierunku powierzchni ciała. Analizując ilość pochłoniętego promieniowania słonecznego, biorącego udział w bilansie cieplnym człowieka, należy rozpatrywać dwie cechy odzieży: izolacyjność termiczną oraz zdolność odbijania promieni słonecznych (albedo). Pierwsza z tych cech zależy od grubości i rodzaju odzieży, natomiast druga – od jej barwy.

Przykład wpływu termoizolacyjnych właściwości odzieży na ilość ciepła docierającego przez nią do powierzchni ciała przedstawia rycina 52. Wprawdzie pomiary przeprowadzone były przy użyciu manekina, ale można je w pełni ekstrapolować na organizm człowieka. Ilość ciepła obserwowanego pod odzieżą – o albedo równym około 30%, a więc zbliżonym do albedo skóry człowieka – była nawet o 60% mniejsza niż na powierzchni manekina nieubranego. Największe różnice występowały przy natężeniu całkowitego promieniowania słonecznego około $400 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$, co odpowiada wysokości Słońca około 30° .



Ryc. 52 Promieniowanie słoneczne pochłonięte przez manekina (R_m) pod warstwą odzieży o termoizolacyjności 1 clo i albedo 30% (1) oraz nieubranego (2) jako funkcja całkowitego promieniowania słonecznego (K_{glob})

Solar radiation absorbed by a mannequin (R_m): clothed (1; thermal insulation 1 clo, albedo 30%) and nude (2) as a function of global solar radiation (K_{glob})



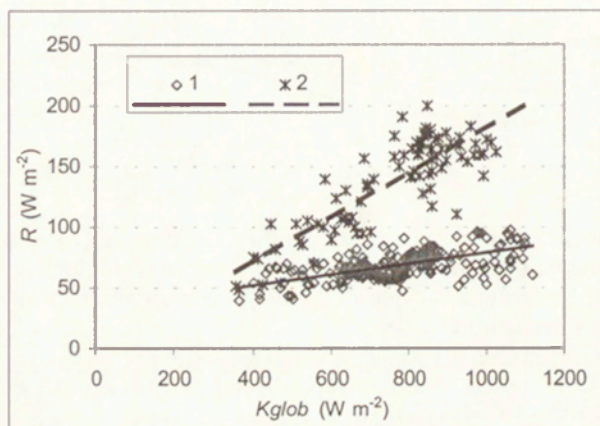
Ryc. 53. Promieniowanie pochłonięte przez manekina (R_m) i człowieka (R) oraz temperatura powierzchni manekina (T_m) i temperatura skóry człowieka (T_{sk}) ubranych w odzież czarną (c) i białą (b) o termoizolacyjności 0,6 clo przy różnym natężeniu całkowitego promieniowania słonecznego (K_{glob})

Solar radiation absorbed by a mannequin (R_m) and man (R) as well as temperature of a mannequin (T_m) and skin temperature (T_{sk}) in subjects used black (c) and white (b) clothing (0,6 clo insulation) as the functions of global solar radiation (K_{glob})

Kolor odzieży bardzo wyraźnie wpływa na ilość ciepła otrzymywanego przez człowieka w wyniku pochłaniania promieniowania słonecznego. W przypadku odzieży czarnej ilość ta jest około 50% większa niż w przypadku odzieży białej. Zależności te były obserwowane zarówno na manekinie, jak i na człowieku (ryc. 53). Ta różna ilość ciepła dostarczanego przez odzież przekłada się na temperaturę badanych powierzchni. Największe różnice T_m były obserwowane przy umiarkowanym natężeniu K_{glob} (przy h około 30°), natomiast przy małym i dużym natężeniu promieniowania słonecznego temperatura powierzchni manekina pod odzieżą białą i czarną była zbliżona do siebie. Nieco inaczej przebiega zależność pomiędzy temperaturą skóry (T_{sk}) i temperaturą powierzchni manekina (T_m) a natężeniem całkowitego promieniowania słonecznego. Tylko w początkowej fazie wzrostu K_{glob} wartości T_{sk} pod odzieżą czarną były wyższe niż pod białą. Wraz z przekroczeniem przez powierzchnię skóry temperatury $35^{\circ}C$ rozpoczęło się intensywne parowanie potu, które doprowadziło do znacznego obniżenia wartości T_{sk} . W efekcie tego procesu temperatura skóry pod odzieżą czarną była nieco niższa niż pod białą.

W przypadku manekina nie występował efekt pocenia się, a temperatura jego powierzchni pod odzieżą czarną była zawsze wyższa niż pod odzieżą białą.

Należy zwrócić uwagę na jeszcze jeden czynnik wpływający na ilość pochłoniętego promieniowania słonecznego. Jest nim kierunek padania promieni słonecznych na człowieka. Budowa ciała (głównie krzywizna pleców i klatki piersiowej) sprawia, że ilość ciepła, jaka dociera do powierzchni ciała w wyniku pochłaniania promieniowania słonecznego jest ponad dwukrotnie większa wtedy, gdy stoimy twarzą do Słońca niż w przypadku, gdy promienie słoneczne docierają do nas z tyłu (ryc. 54).



Ryc. 54. Pochłonięte promieniowanie słoneczne u osób stojących tyłem (1) i przodem (2) do tarczy słonecznej w zależności od natężenia całkowitego promieniowania słonecznego (K_{glob})

Absorbed solar radiation at subjects stood backing (1) and facing (2) to the sun as a function of global solar radiation (K_{glob})

Przedstawione powyżej zagadnienia podkreślają, jak ważną rolę promieniowanie słoneczne pełni w kształtowaniu bilansu cieplnego człowieka przebywającego w terenie otwartym. Duże znaczenie mają także wspomniane czynniki wpływające na ilość ciepła, jaką organizm otrzymuje poprzez pochłanianie promieniowania słonecznego. Zaprezentowane wyniki badań są istotne w planowaniu bezpiecznej rekreacji w miejscach nasłonecznionych. Należy bowiem pamiętać, że w pewnych sytuacjach pogodowych niektóre z wymienionych czynników mogą powiększać ryzyko przegrzania organizmu oraz wystąpienia udaru cieplnego lub słonecznego. Z drugiej strony w wielu przypadkach promieniowanie słoneczne jest czynnikiem zwiększającym walory rekreacyjne danego terenu lub sezonu.

5.3. TRANSPORT CIEPŁA WEWNĄTRZ ORGANIZMU

Zarówno ciepło produkowane wewnątrz organizmu, jak i ciepło, którego źródłem jest pochłonięte przez skórę promieniowanie słoneczne jest rozprowadzane do wszystkich tkanek ciała dzięki układowi krążenia. Krew prze-

plywająca przez wnętrze ciała nagrzewa się od mających około 37°C tkanek. Ciepło to jest wraz z krwią przenoszone do tych narządów organizmu, których własna produkcja ciepła jest stosunkowo mała. Dociera także do tkanki skórnej, poprzez którą ciepło jest odprowadzane do otoczenia. Podczas wysiłku fizycznego ciepło jest dodatkowo wytwarzane przez mięśnie szkieletowe, czyli mięśnie pokrywające układ szkieletowo-kostny. W tym przypadku droga odprowadzenia ciepła jest krótsza niż ma to miejsce w przypadku energii wytwarzanej w narządach wewnętrznych. Część jej może być bowiem odprowadzana bezpośrednio przez skórę do otoczenia, a część jest rozprowadzana przez krew.

Także ciepło, którego źródłem jest pochłonięte promieniowanie słoneczne, jest transportowane przez układ krwionośny. W tym jednak przypadku, gdy jest ono zakumulowane w tkance skórnej i nieodprowadzone bezpośrednio do otoczenia, transportowane jest przez krew do wnętrza ciała, przyczyniając się do wzrostu temperatury wewnętrznej. Procesy transportu ciepła wewnątrz organizmu są badane przez termofizjologów, bądź to przy pomocy pomiarów, bądź też dzięki specjalnym modelom cyfrowym je opisujących. Nie obserwuje się przy tym bezpośredniego wpływu warunków atmosferycznych na przebieg procesów przenoszenia energii cieplnej wewnątrz organizmu. Dlatego też, w rozważaniach z zakresu biometeorologii i bioklimatologii szczegółowa ich analiza może być pominięta.

5.4. ODDAWANIE CIEPŁA DO OTOCZENIA

W rozdziale 5.2. omówiono najważniejsze źródła ciepła dla organizmu: procesy metaboliczne (dostarczające ciepło w sposób nieprzerwany) oraz pochłonięte promieniowanie słoneczne. Aby nie doprowadzić do przegrzania się organizmu niezbędne jest odprowadzanie ciepła do otoczenia (Bligh, Johnson 1973; Clark i in. 1980; Clark, Edholm 1985; *Glossary...* 2001; Ingram, Mount 1975; ISO/DIS 7933; Mitchell 1977; Monteith 1974; Nishi 1980). W termofizjologii wyróżnianych jest pięć podstawowych sposobów jego eliminacji z ustroju poprzez:

- parowanie wody z powierzchni skóry (ewaporację – *E*),
- oddychanie (respirację – *Res*),
- turbulencyjne unoszenie ciepła jawnego z powierzchni ciała (konwekcję – *C*),
- przewodzenie (kondukcję – *Kd*),
- wypromieniowanie długofalowe (radiację – *L*).

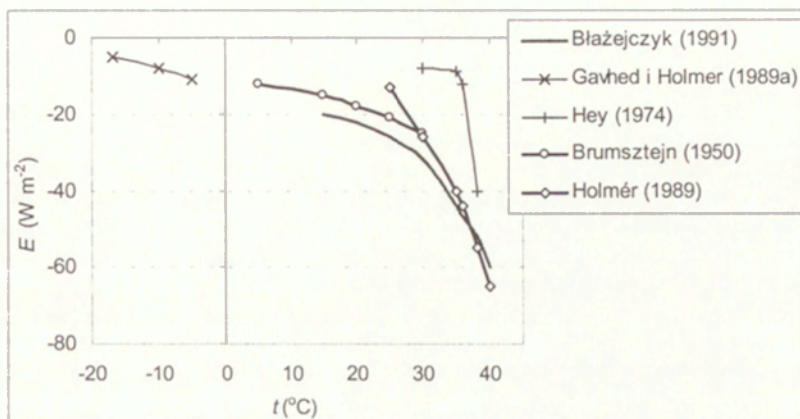
5.4.1. PAROWANIE

Powierzchnia ciała jest stale wilgotna. Znane są dwa sposoby wydzielania wody na powierzchnię skóry: dyfuzyjne i wymuszone przez podwyższoną temperaturę skóry. Dyfuzyjne wydzielanie wody poprzez błonę komórkową tkanki skórnej następuje w wyniku różnicy ciśnienia pomiędzy wnętrzem komórek a otoczeniem. Proces ten jest niezależny od termicznych warunków otoczenia, a więc jego intensywność jest względnie stała. Drugi ze sposobów wydzielania wody jest stymulowany przez temperaturę skóry. Wtedy, gdy przekroczy ona wartość graniczną (najczęściej jest to 33°C, ale możliwe są indywidualne odchylenia od tej wartości, nawet o 1°C) następuje uaktywnienie gruczołów potowych znajdujących się w skórze. Czynniki wpływające na wartość temperatury skóry można podzielić ogólnie na endogeniczne (wewnętrzne) i egzogeniczne (zewnętrzne). Zostaną one bliżej omówione w rozdziale 5.7.

Odprowadzanie ciepła do otoczenia następuje w wyniku parowania wody znajdującej się na powierzchni skóry. Na wyparowanie z powierzchni 1 m² skóry 1 grama wody zużywane jest około 0,385 W ciepła (Clark, Edholm 1985).

Intensywność parowania zależy od różnicy ciśnienia pary wodnej na powierzchni ciała i w otaczającym je powietrzu. Ważnym czynnikiem przyspieszającym parowanie jest także ruch powietrza (Clark, Edholm 1985; Ingram, Mount 1975; McLean 1974; Mitchell 1977). Duże znaczenie ma również stopień uwilgotnienia skóry. Współczynnik uwilgotnienia (w) wyraża udział w ogólnej powierzchni skóry tej jej części, która jest całkowicie wilgotna (ISO/DIS 7933). Przy temperaturze skóry poniżej 32,5°C przeważa dyfuzyjne wydzielanie wody, a wartość współczynnika w nie przekracza 0,15. Wraz z uaktywnieniem gruczołów potowych stopień uwilgotnienia wzrasta, a całkowite uwilgotnienie skóry ($w=1$) ma miejsce wtedy, gdy jej temperatura przekracza 36,5°C. Kolejnym, ważnym parametrem wpływającym na intensywność parowania jest odzież, która jest barierą dla przepływu pary wodnej i ciepła od powierzchni ciała do otoczenia (Błażejczyk, Holmér 2000; Holmér 2000). Czynniki dodatkowymi, wpływającymi na wielkość strat ciepła na parowanie są: aktywność fizyczna oraz płęć. Aktywność fizyczna, a zwłaszcza praca mięśni szkieletowych, podwyższa temperaturę powierzchni ciała, uaktywniając gruczoły potowe. W odniesieniu do płci obserwuje się, że u kobiet sprawność procesów wydzielania potu jest o około 25% niższa niż w przypadku mężczyzny (Höppe 1984).

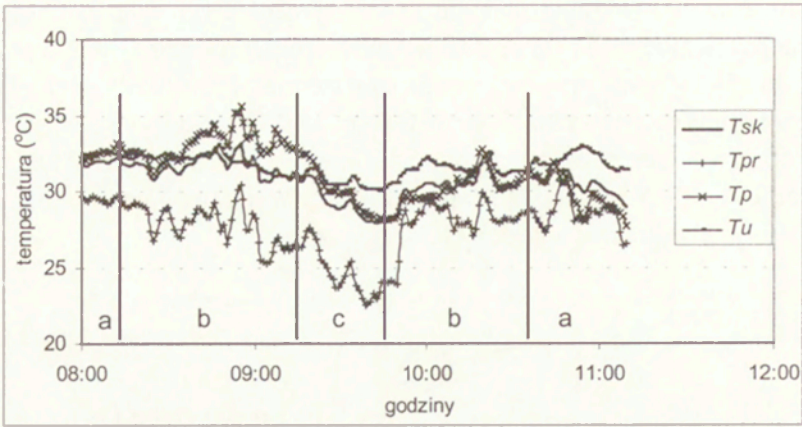
Stwierdzone w różnych badaniach eksperymentalnych natężenie strat ciepła na parowanie waha się od $3\text{--}8\text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$ w temperaturze powietrza poniżej 0°C , do $15\text{--}25\text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$ przy temperaturze otoczenia $20\text{--}30^\circ\text{C}$ i do $40\text{--}80\text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$ – przy temperaturze wyższej od 30°C (ryc. 55). W niektórych eksperymentach obserwowano nawet większe wartości ewaporacyjnych strat ciepła, sięgające $200\text{--}300\text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$, co było spowodowane wyjątkowo wysoką temperaturą skóry, przekraczającą $35,5^\circ\text{C}$.



Ryc. 55. Wpływ temperatury powietrza (t) na straty ciepła na parowanie (E) według różnych autorów

Evaporation heat loss (E) at various air temperature (t) due to different authors

Istotnym fizjologicznym efektem ewaporacyjnych strat ciepła jest obniżenie temperatury skóry. Na podstawie danych zamieszczonych przez P.O. Fanger (1974) można stwierdzić, że strata – w wyniku parowania – 1 wata ciepła z 1 m^2 skóry powoduje obniżenie się jej temperatury o $0,066^\circ\text{C}$. Zwiększa to różnicę temperatury pomiędzy wnętrzem ciała a jego powierzchnią i intensyfikuje dalszy przepływ ciepła w tym kierunku, chroniąc w ten sposób organizm przed przegrzaniem. Proces ten jest szczególnie widoczny podczas aktywnej rekreacji w terenie otwartym (Błażejczyk 2002b). Zmiany temperatury skóry obserwowane podczas turystyki pieszej w górach są uzależnione od intensywności marszu (ryc. 56). Badania przeprowadzono na 5 osobach w sierpniu 2001 r. na Hali Gąsienicowej. Wszyscy uczestnicy eksperymentu ubrani byli w odzież o termoizolacyjności $0,8\text{ clo}$ (koszula flanelowa, długie spodnie, obuwie sportowe, czapka) i albedo około 30%. W pierwszej fazie eksperymentu marsz odbywał się po terenie lekko nachylonym (około 5%) z prędkością 4 km/godz .



Ryc. 56. Zmiany temperatury skóry podczas intensywnego marszu w górach; T_{sk} – średnia ważona temperatury skóry, T_{pr} – temperatura skóry przedramienia, T_p – temperatura skóry piersi, T_u – temperatura skóry uda; poziom aktywności: a – spoczynek, b – marsz w górę, c – marsz w dół

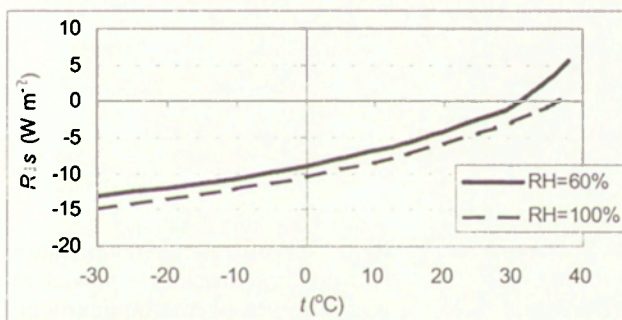
Changes in skin temperature during intensive mountains tourism; T_{sk} – mean skin temperature, T_{pr} – forearm temperature, T_p – torso temperature, T_u – thigh temperature, activity levels: a – rest, b – walking uphill, c – walking downhill

W ciągu pierwszych 5–10 minut od wyjścia z budynku i rozpoczęcia marszu temperatura skóry obniżyła się o 1–2°C, co było efektem ochładzania skóry poprzez względny ruch powietrza opływającego ją w czasie ruchu. W ciągu następnych 30 minut marszu temperatura skóry stopniowo wzrastała w wyniku dodatkowych ilości ciepła powstającego podczas pracy mięśni. Najbardziej nagrzała się klatka piersiowa (około 35°C), a najładziej – odsłonięte przedramię (30°C). W tym czasie nastąpiło pokrycie skóry potem, który parując doprowadzał do natychmiastowego obniżenia temperatury powierzchni ciała. Najbardziej narażone na wahania temperatury było odsłonięte przedramię, które ochłodziło się do około 25°C. Dalszy marsz w dół po pochyłości 5% nie zmienił tendencji spadkowej temperatury skóry, która ochłodziła się po dalszych 20 minutach marszu do 23°C na przedramieniu i 28°C na klatce piersiowej. Stosunkowo najmniejsze wahania temperatury notowano na udzie, co jest spowodowane dużą produkcją ciepła przez mięśnie szkieletowe uda podczas marszu. W końcowej fazie eksperymentu miał miejsce intensywny marsz w górę po pochyłości 40–50%. Dodatkowy wysiłek fizyczny potrzebny do pokonania zbocza skutkowało gwałtownym wzrostem temperatury skóry i jej utrzymywaniem się na podwyższonym poziomie. W tej części marszu, tak jak i w poprzednich, obserwowano okresowe wahania temperatury skóry związane z fazami nagrzewania i ochładzania przez parujący pot. Odpoczynek w pomieszczeniu, po zakończeniu marszu zaznaczył się najpierw

wzrostem temperatury skóry (na skutek braku chłodzenia przez ruch powietrza i znacznej ilości ciepła nagromadzonego w mięśniach), a następnie jej powolnym spadkiem.

5.4.2. ODDYCHANIE

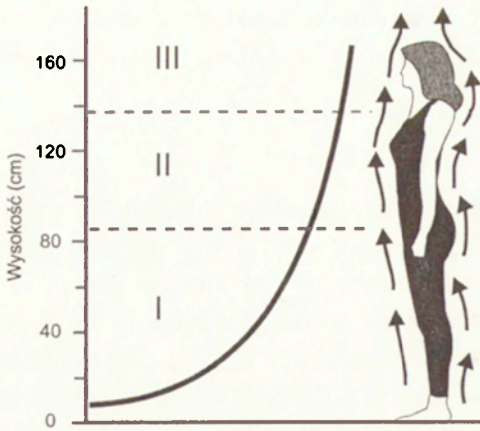
Oddychanie jest niezbędnym procesem podtrzymującym życie człowieka. Podczas oddychania dochodzi jednak nie tylko do wymiany gazowej (wdychanie tlenu a wydychanie dwutlenku węgla), ale także eliminacji ciepła z wnętrza ciała do otoczenia. W procesie oddychania ciepło jest zużywane na nagrzanie i nasycenie parą wodną powietrza, które styka się z powietrzem wydychanym (Budyko, Cicenko 1960; ISO/DIS 7933). Straty ciepła na oddychanie (respirację) są więc zależne od temperatury i wilgotności powietrza wydychanego i powietrza otaczającego człowieka. Czynnikiem dodatkowym jest intensywność oddychania (wentylacji płuc), zwiększająca się najczęściej podczas wysiłku fizycznego (Bligh, Johnson 1973; Clark, Edholm 1985; Höppe 1984; McLean 1974; Monteith 1974; Nishi 1980). Respiracyjne straty ciepła są niewielkie i nie przekraczają $20 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$ (ryc. 57). W wysokiej temperaturze powietrza straty ciepła przez oddychanie zbliżają się do zera, a przy dodatkowo małej wilgotności powietrza obserwuje się niewielki, respiracyjny dopływ ciepła.



Ryc. 57. Wpływ temperatury (t) i wilgotności względnej powietrza (RH) na respiracyjne straty ciepła (R_{res})
Respiratory heat loss (R_{res}) at various air temperature (t) and relative humidity (RH)

5.4.3. UNOSZENIE

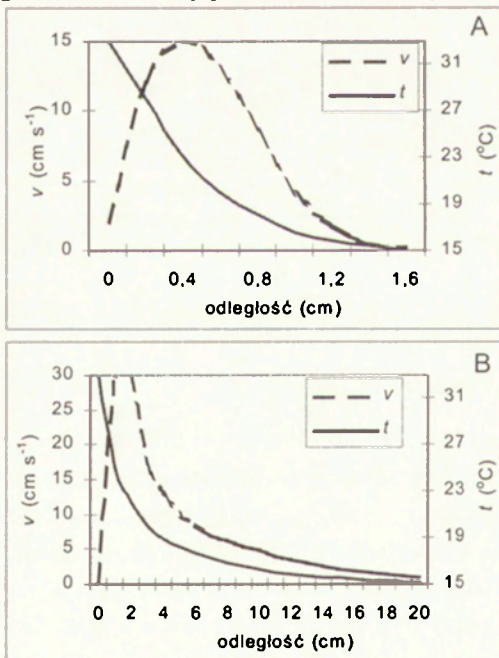
Turbulencyjne unoszenie ciepła jawnego z powierzchni ciała jest także określane mianem konwekcji. Jej intensywność jest u człowieka stojącego różna w poszczególnych częściach ciała (ryc. 58), co wiąże się ze sposobem przepływu powietrza wokół niego. Do wysokości około 80 cm następuje wokół ciała laminarny przepływ strug powietrza, natomiast na wysokości ponad 140 cm mamy do czynienia z przepływem turbulencyjnym, chaotycznym.



Ryc. 58. Strefy przepływu powietrza wokół człowieka: I – strefa przepływu laminarnego, II – strefa przejściowa, III – strefa przepływu turbulencyjnego (Clark, Edholm 1985)

Zones of air flow over the human body: I – laminar, II – transition, III – turbulent (Clark, Edholm 1985)

Sposób przepływu powietrza wokół człowieka ma swoje odzwierciedlenie w profilach zmian temperatury i prędkości ruchu powietrza w granicznej warstwie przyskórnej (ryc. 59). Przy temperaturze powietrza niższej od temperatury skóry, w strefie przepływu laminarnego, temperatura powietrza w warstwie o grubości około 1,5 cm, stopniowo obniża się z 33°C (na powierzchni ciała) do aktualnej temperatury otoczenia. Na profilu zmian prędkości ruchu powietrza widać wyraźnie stosunkowo grubą (około 0,5 cm) warstwę powietrza w odległości 0,3–0,8 cm od skóry, gdzie obserwuje się niewielkie zwiększenie jego prędkości. W strefie przepływu turbulencyjnego grubość warstwy powietrza, w której następuje obniżanie się temperatury od



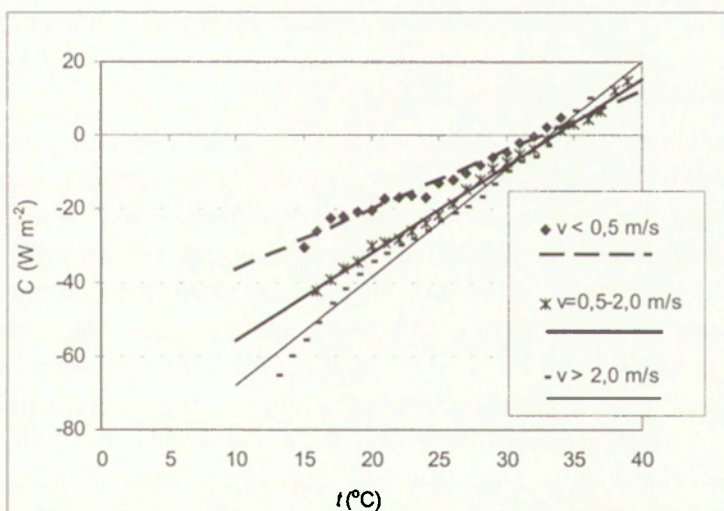
Ryc. 59. Profile zmian temperatury (t) i prędkości ruchu (v) powietrza w strefie przepływu laminarnego (A) i turbulencyjnego (B) (Clark, Edholm 1985)

Profiles of air temperature (t) and air motion (v) at the zones of laminar (A) and turbulent (B) flow (Clark, Edholm 1985)

wartości obserwowanej na powierzchni skóry do temperatury otoczenia może sięgać nawet 15 cm. Stosunkowo gruba jest także warstewka powietrza, w której następuje zwiększenie prędkości ruchu powietrza przy powierzchni skóry. Przedstawione powyżej właściwości fizyczne przyskornej warstwy powietrza sprawiają, że ma ona właściwości termoizolacyjne (Clark, Edholm 1985; Fourn, Hollies 1970).

Natężenie wymiany ciepła przez unoszenie zależy od różnicy pomiędzy temperaturą skóry a temperaturą powietrza oraz od tak zwanego współczynnika konwekcyjnego przenoszenia ciepła (hc), który jest funkcją gęstości i pojemności cieplnej powietrza oraz prędkości jego przepływu wokół ciała (Bligh, Johnson 1973; Budyko, Cicenko 1960; Clark i in. 1980; Clark, Edholm 1985; *Glossary...* 2001; ISO/DIS 7933; Mitchell 1977; Nishi 1980). Duże znaczenie ma także termiczna izolacyjność odzieży.

W temperaturze powietrza niższej od temperatury skóry strumień ciepła unoszonego turbulencyjnie ma wartość ujemną (jest skierowany od człowieka ku otoczeniu). Wtedy natomiast, kiedy temperatura powietrza jest wyższa od temperatury skóry ma miejsce dopływ ciepła z otoczenia. W warunkach klimatycznych Polski obserwuje się niekiedy, podczas letnich adwekcji gorącego powietrza zwrotnikowego, dopływ ciepła do organizmu drogą konwekcji (Błażejczyk 1991, 2000a) (ryc. 60).



Ryc. 60. Wymiana ciepła poprzez unoszenie (C) przy różnej temperaturze powietrza (t) i prędkości wiatru (v); uśrednione wyniki pomiarów przeprowadzonych w Polsce północno-wschodniej w lipcu 1989 r. na grupie osób ubranych w odzież o izolacyjności termicznej 1 clo

Convective heat exchange (C) at various air temperature (t) and wind speed (v); averaged results of research carried out in north-eastern Poland in 1989 with subjects wearing 1 clo garments

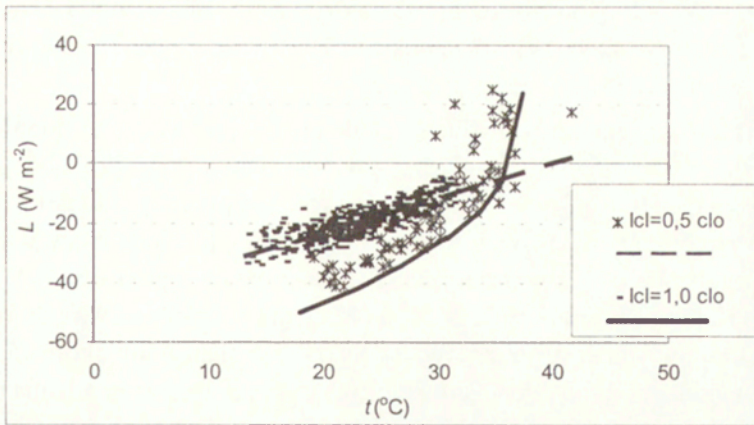
5.4.4. PRZEWODZENIE

Z wymianą ciepła przez przewodzenie (kondukcją) mamy do czynienia w przypadku bezpośredniego, dotykowego kontaktu człowieka z innym ciałem. Jej intensywność zależy od różnicy temperatury stykających się powierzchni oraz ich pojemności i przewodności cieplnej (Ingram, Mount 1975). W badaniach fizjoklimatycznych strumień ten jest pomijany z uwagi na znikomą jego wielkość, co jest związane z tym, że u człowieka stojącego powierzchnia ciała kontaktująca się z podłożem jest bardzo mała (ISO/DIS 7933; ISO/DC 11079). Kondukcyjny strumień ciepła jest rozpatrywany jedynie podczas analizy przepływu ciepła z wnętrza ciała do jego powierzchni lub też pomiędzy skórą a poszczególnymi warstwami odzieży (Burt i in. 1982a; Clark i in. 1980; Clark, Edholm 1985; Jokl 1982).

5.4.5. PROMIENIOWANIE DŁUGOFALOWE

Pomiędzy człowiekiem a powietrzem i obiektami otoczenia następuje ciągły, wzajemny przepływ ciepła drogą promieniowania o długości fal większej od $4,0 \mu\text{m}$. Skóra, tak jak każda powierzchnia fizyczna, emituje promieniowanie proporcjonalnie do swej temperatury i pochłania promieniowanie cieplne z otoczenia (Błażejczyk 1998a; Budyko, Cicenکو 1960; Clark i in. 1980; Clark, Edholm 1985; Monteith 1974; Nishi 1980). Wielkość wymiany ciepła poprzez promieniowanie długofalowe jest więc saldem pomiędzy promieniowaniem wyemitowanym a pochłoniętym przez skórę i zależy od pola temperatury wokół człowieka.

Z reguły mamy do czynienia z sytuacją, gdy skóra jest cieplejsza od otoczenia; wtedy saldo długofalowej wymiany ciepła jest ujemne, co oznacza, że nad pochłanianiem ciepła przeważa jego wypromieniowanie. W sytuacjach, gdy powietrze i obiekty otoczenia są znacznie cieplejsze od powierzchni ciała obserwuje się dodatnie saldo promieniowania długofalowego, co oznacza, że ta forma przepływu ciepła staje się jego źródłem dla organizmu. Sytuacje te ilustruje rycina 61. Pokazuje ona natężenie strumienia L obserwowanego w dwóch różnych seriach pomiarowych, podczas których obserwatorzy nosili odzież o różnej termoizolacyjności: $0,5 \text{ clo}$ w Wietnamie i 1 clo w Polsce. Porównanie wartości L z obydwu serii wskazuje także na istotne znaczenie odzieży w procesie wymiany ciepła pomiędzy człowiekiem a otoczeniem; w takich samych warunkach termicznych radiacyjne straty ciepła są prawie dwukrotnie mniejsze w odzieży o termoizolacyjności 1 clo niż $0,5 \text{ clo}$.



Ryc. 61. Wymiana ciepła poprzez promieniowanie długofalowe (L) przy różnej temperaturze powietrza (t) i w odzieży o różnej izolacyjności termicznej (I_{cl}): 0,5 clo (Wietnam) oraz 1,0 clo (Polska)

Heat exchange by long-wave radiation (L) at various air temperature (t) and clothing insulation (I_{cl}): 0,5 clo (Vietnam), 1,0 clo (Poland)

5.5. SALDO WYMIANY CIEPŁA

Efekt wymiany ciepła pomiędzy człowiekiem a otoczeniem jest jej saldo (S). W warunkach chwilowych (niestacjonarnych) S ma najczęściej wartość dodatnią lub ujemną. W pierwszym przypadku mamy do czynienia z okresową przewagą zysków ciepła nad jego stratami, w drugim natomiast – o przewadze strat nad zyskami. Saldo dodatnie prowadzi do stopniowego gromadzenia się ciepła w organizmie, a saldo ujemne do zmniejszania się wewnętrznych zasobów energetycznych (Bligh, Johnson 1973; Clark i in. 1980; Clark, Edholm 1985; Kaciuba-Uściłko 1990; Nishi 1980). W badaniach fizjologicznych zmiany zawartości ciepła w organizmie są określane poprzez bezpośrednie pomiary temperatury ciała i oblicza się je według wzoru:

$$S = 0,83 \cdot m \cdot (0,65 \cdot T_{re} - 0,35 \cdot T_{sk}) \quad [5.2]$$

gdzie:

T_{re} – temperatura skóry,

m – masa ciała,

0,83 – ciepło właściwe (Kaciuba-Uściłko 1990).

W badaniach bioklimatycznych saldo wymiany ciepła jest także obliczane jako suma wszystkich strumieni ciepła. Zakłada się przy tym, że dodatnia wartość każdego strumienia oznacza, iż dostarcza on ciepło do powierzchni ciała; wartość ujemna mówi natomiast, że dany strumień odprowadza ciepło

z powierzchni skóry do otoczenia (Błażejczyk 1991, 1993, 1994, 1997, 2001a; Błażejczyk, Krawczyk 1991; Kravčik i in. 1991; Krawczyk, Błażejczyk 1991; Nielsen i in. 1988; Raynaud i in. 1976).

Zbyt duże i długo utrzymujące się saldo ujemne, prowadzi do stopniowego ochładzania się wnętrza organizmu, a w warunkach skrajnych do jego wychłodzenia, czyli hipotermii, mogącej nawet być przyczyną ustania funkcji życiowych organizmu. Równie niebezpieczne jest saldo dodatnie, wskazujące na gromadzenie ciepła w organizmie. Dla wzrostu temperatury ciała o 1°C konieczne jest zakumulowanie 245–300 kJ ciepła (Clark i in. 1980; Smolander 1987). Odpowiada to strumieniowi ciepła o stałym natężeniu około $45 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$ w ciągu jednej godziny. Pewna ilość ciepła jest przy tym gromadzona bezpośrednio w obrębie skóry i tkanki podskórnej oraz mięśni, nie przenikając do organów wewnętrznych (Nadel 1985). Zgromadzone ciepło może być przyczyną przegrzania organizmu (hipertermii), powodującego trwale uszkodzenia struktur białkowych wewnątrz komórek.

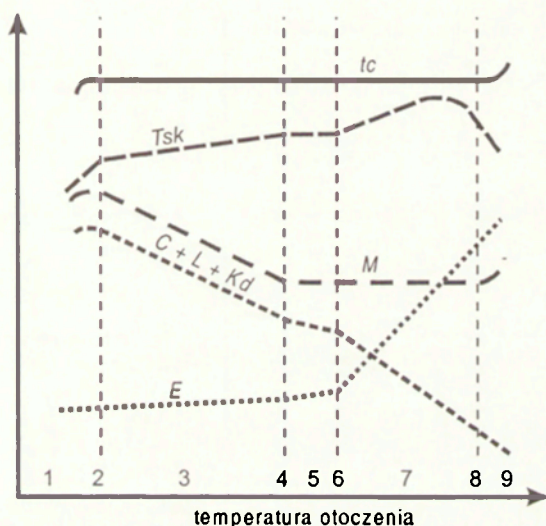
Głównymi czynnikami stymulującymi dodatnie wartości salda wymiany ciepła i powodującymi podwyższenie temperatury wewnętrznej są: praca oraz przebywanie w wysokiej temperaturze otoczenia (Błażejczyk 1993, 2000a; Garden i in. 1966; Givoni, Goldman 1973; Kenney 1985; Nielsen i in. 1972; Raynaud i in. 1976; Rowell i in. 1969; Smolander 1987; Strydom i in. 1966; Wyndham i in. 1973). Z drugiej strony przebywanie w środowisku zimnym prowadzi do powstania ujemnego salda wymiany ciepła i do ubytku ciepła w organizmie, a poprzez to do obniżenia się temperatury wewnętrznej (Błażejczyk 1998b; Gavhed, Holmér 1989a; Holmér 1989c, 1994; Iampietro i in. 1958).

W krótkich okresach całkowite zbilansowanie się zysków i strat ciepła z organizmu jest praktycznie niemożliwe. Występuje ono jedynie „w wystarczająco długim czasie” (Clark, Edholm 1985; Ingram, Mount 1975; Mitchell 1977). Szczegółowe pomiary produkcji i strat ciepła w okresach dobowych wskazują, że w tym właśnie czasie wymiana ciepła pomiędzy człowiekiem a otoczeniem zamyka się bilansem zerowym (Aschoff i in. 1974; Kreider i in. 1958; Webb 1971) (ryc. 45).

Saldo wymiany ciepła kształtuje się w wyniku działania czynników fizjologicznych i meteorologicznych, a jego wielkość mówi o obciążeniu cieplnym organizmu i wskazuje na odczucia cieplne człowieka. Ogólnie biorąc, przy wzrastającej ilości ciepła w organizmie człowiek odczuwa „ciepło” lub „gorąco”, a przy ubytku ciepła dominują odczucia „komfortu” i „zimna” (Błażejczyk 1993; Nishimura i in. 1978).

5.6. MECHANIZMY REGULACJI TEMPERATURY CIAŁA

Człowiek, jako istota stałocieplna, jest zdolny do zachowania stanu równowagi cieplnej i utrzymywania prawie stałej temperatury wewnętrznej, niezależnie od temperatury otoczenia i jej zmian (ryc. 62). Wraz ze zmianami temperatury otoczenia następują znaczne zmiany temperatury powierzchni ciała. Niemniej jednak poziom poszczególnych strumieni ciepła odprowadzanego z organizmu do otoczenia sprawia, że w dość szerokim zakresie warunków termicznych organizm jest w stanie zachować względnie stałą temperaturę wewnętrzną.

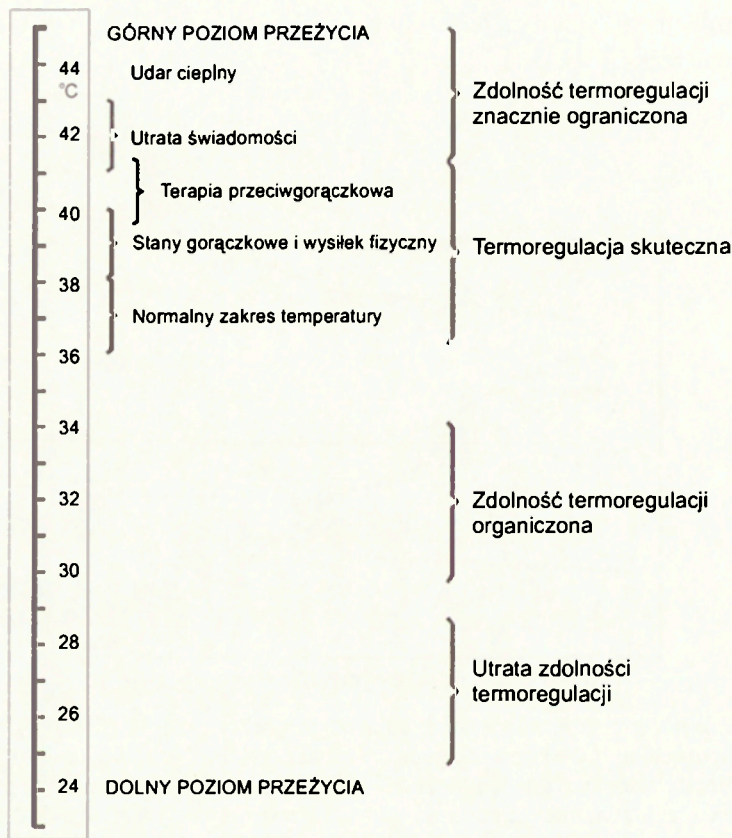


Ryc. 62. Wpływ temperatury otoczenia na produkcję ciepła (M) i jego straty (E – ewaporacyjne, C – konwekcyjne, L – radiacyjne, Kd – kondukcyjne) oraz na temperaturę wewnętrzną (t_c) i temperaturę skóry człowieka (T_{sk}) (Ingram, Mount 1975) 1 – strefa wychładzania organizmu, 2 – temperatura, w której metabolizm jest największy i rozpoczyna się wychładzanie, 3 – strefa narastającego stresu zimna, 4 – temperatura krytyczna, 5 – strefa najmniejszego obciążenia układu termoregulacyjnego, 6 – temperatura, w której wzrastają straty ciepła na parowanie, 7 – strefa narastającego stresu gorąca, 8 – temperatura, w której zaczyna się przegrzewanie organizmu, 9 – strefa przegrzewania organizmu, 2–8 – zakres sprawności układu termoregulacyjnego

Influence of ambient temperature on heat production (M), heat losses (E – by evaporation, C – by convection, L – by long-wave radiation, Kd – by conduction) as well as on core temperature (t_c) and skin temperature (T_{sk}) in man

1 – organism overcooling, 2 – temperature of the highest metabolism, 3 – increasing cold stress, 4 – critical temperature, 5 – the lowest load of thermoregulation system, 6 – temperature of sweat secretion, 7 – increasing hot stress, 8 – maximal tolerated hot stress, 9 – organism overheating, 2–8 – range of thermoregulation system efficiency

Stan równowagi termicznej organizmu jest określany mianem **homeotermii**. Występuje ona wtedy, gdy temperatura wewnętrzna organizmu wynosi $37 \pm 2^\circ\text{C}$ (Bligh, Johnson 1973; Mitchell 1977; Popoczko 1990). Nieco węższy zakres wahań temperatury ciała ($\pm 1^\circ\text{C}$) podaje J. Narębski (1980). W fizjologii przyjmuje się, że układ termoregulacyjny człowieka jest w pełni sprawny, gdy temperatura ciała wynosi $36\text{-}40^\circ\text{C}$ (Hardy 1965; Klonowicz, Kozłowski 1970) (ryc. 63).



Ryc. 63. Sprawność układu termoregulacyjnego w różnej temperaturze wewnętrznej (wg J.D. Hardy 1965)

Efficiency of thermoregulatory system at various core temperature (by J.D. Hardy 1965)

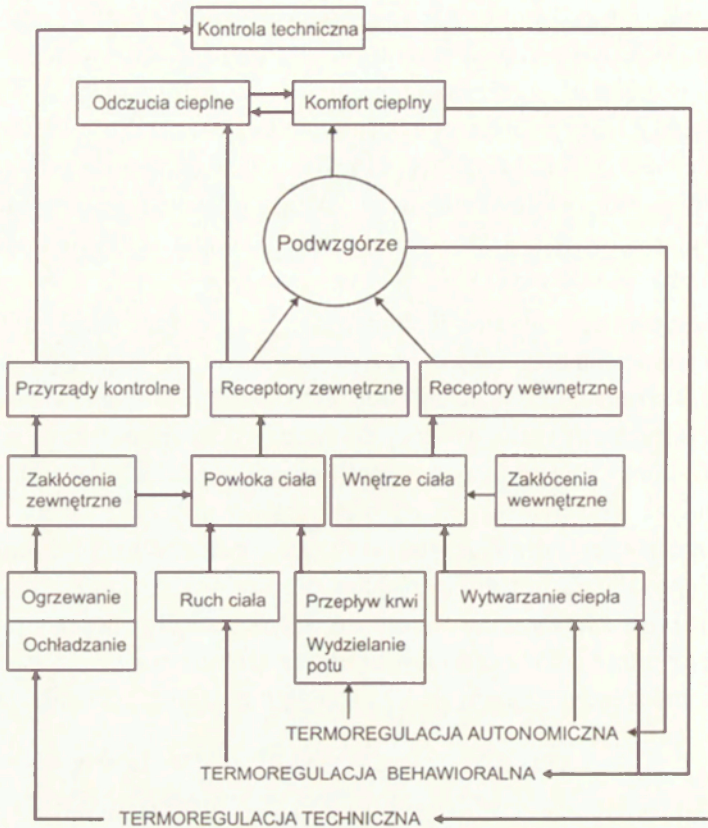
Termoregulacja to „dostosowywanie się wymiany ciepła między człowiekiem a otoczeniem w sposób zapewniający równowagę bilansu cieplnego i stałą temperaturę wewnętrzną” (Kozłowski 1986). Mechanizm uaktywniania reakcji termoregulacyjnych oraz zapewnienia optymalnego kierunku i zakresu działań dostosowawczych organizmu wyjaśnia teoria „set-pointu”. Mianem

tym określa się poziom temperatury wewnętrznej organizmu (najczęściej 37°C), na którą nastawione jest centrum termoregulacji znajdujące się w części mózgu zwanej podwzgórzem. Odchylenie temperatury ciała od tego poziomu wywołuje reakcje termoregulacyjne proporcjonalne do powstałego sygnału termicznego. **Układ termoregulacyjny człowieka** może przy tym zmieniać swój poziom nastawienia, dostosowując go w wyniku aklimatyzacji do oddziałujących czynników zewnętrznych (Cabanac 1980; Hammel 1965; Hardy 1965; Kozłowski 1986).

Istnieją dwa podstawowe, biologiczne rodzaje termoregulacji: autonomiczna i behawioralna oraz tak zwana termoregulacja techniczna (Hensel 1981; ryc. 64). **Termoregulacja autonomiczna** polega na regulacji temperatury ciała przez odruchowe reakcje na ciepło i zimno. Składają się na nią trzy mechanizmy fizjologiczne: zmiany metabolicznej produkcji ciepła, zmiany termozolacyjnych właściwości zewnętrznej warstwy ciała oraz wydzielanie potu. **Termoregulacja behawioralna** wiąże się z odruchową lub kontrolowaną zmianą sposobu zachowania się człowieka mającą na celu zminimalizowania obciążających warunków termicznych otoczenia, np. poprzez dodatkowy ruch czy zmianę odzieży. **Termoregulacja techniczna** związana jest z wykorzystaniem indywidualnych urządzeń ogrzewczych i ochładzających.

5.6.1. TERMOREGULACJA W ŚRODOWISKU ZIMNYM

Jak już wspomniano, organizm człowieka ma duże zdolności dostosowania swoich procesów fizjologicznych do różnych termicznych warunków otoczenia. W zimnych warunkach otoczenia podstawowymi mechanizmami termoregulacji autonomicznej są: obniżenie temperatury skóry oraz zmniejszenie peryferycznego przepływu krwi. Pierwsza z tych reakcji jest bezpośrednią odpowiedzią organizmu na bodziec zimna i powoduje zwiększenie się termozolacyjnych właściwości tkanki skórnej. To z kolei zmniejsza tempo oddawania ciepła z wnętrza ciała do otoczenia i zabezpiecza w pewnym stopniu przed jego nadmiernym wychłodzeniem (Blanc 1975; Clark, Edholm 1985; Holmér 1988; ISO/DC 11079). Zmniejszenie tempa oddawania ciepła do otoczenia następuje także dzięki zmniejszeniu przepływu krwi w obrębie skóry i tkanki podskórnej co skutkuje zmniejszeniem ilości ciepła przenoszonego z wnętrza ciała ku jego powierzchni. Efektem ubocznym tego procesu jest wzrost ciśnienia krwi, który w skrajnych sytuacjach może być niebezpieczny dla zdrowia. Dodatkowym mechanizmem termoregulacji autonomicznej w warunkach zimnego otoczenia jest drżenie mięśniowe, które przejawia się powstawaniem tzw. „gęsiej skórki”.

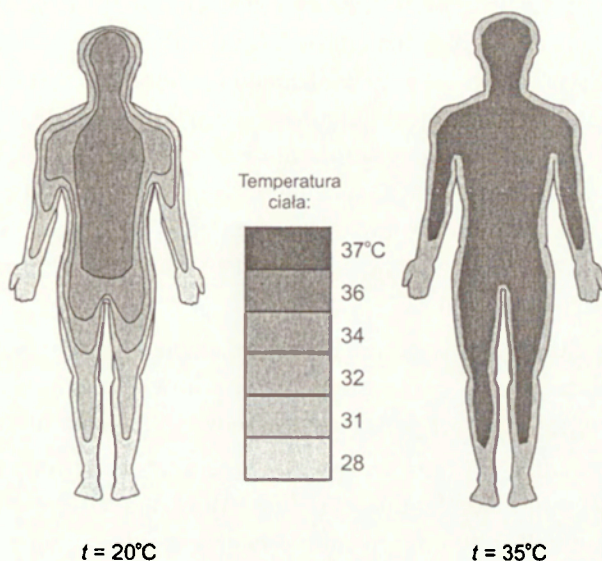


Ryc. 64. Powiązania różnych mechanizmów termoregulacji (Hensel 1981)
Thermoregulatory mechanisms in man (Hensel 1981)

Mechanizmy termoregulacji autonomicznej są często niewystarczające do zachowania **homeotermii**. Są one wspomagane jednak przez termoregulację behawioralną. Podstawowym, odruchowym działaniem człowieka jest dodatkowa aktywność fizyczna, która zwiększa metaboliczną produkcję ciepła. Do świadomych zachowań człowieka można także zaliczyć zmianę noszonej odzieży na taką, która posiada odpowiednie właściwości termoizolacyjne, zmniejszające oddawanie ciepła z organizmu do otoczenia. Do mechanizmów termoregulacji behawioralnej należy też stosowanie odpowiedniej, wysokokalorycznej diety.

W obszarach polarnych i okołopolarnych, gdzie człowiek jest narażony na bardzo surowe warunki termiczne otoczenia, stosuje się także szereg technicznych urządzeń zmniejszających dyskomfort ciepłny, a niekiedy wręcz zabezpieczających przez wychłodzeniem organizmu lub odmrożeniami. Są to różnego rodzaju ogrzewane, przy pomocy baterii elektrycznych, kamizelki,

rękawice czy buty. Powszechne jest zwłaszcza używanie podgrzewanych rękawic i butów, jako że dłonie i stopy są najbardziej narażone na odmrożenia. W okresie znacznego deficytu ciepła organizm broni się bowiem przed wychłodzeniem swego wnętrza znacznym zmniejszeniem dopływu krwi – i przenieszonego z nią ciepła - do swych skrajnych części. Mówiąc obrazowo, chroniąc się przed wychłodzeniem organizm „poświęca” te swe części, bez których może zachować funkcje życiowe (ryc. 65).



Ryc. 65. Rozkład temperatury ciała w różnej temperaturze otoczenia (t) (Silbermagl, Despopoulos 1994)

Distribution of body temperature at various ambient temperatur (t) (Silbermagl, Despopoulos 1994)

5.6.2. TERMOREGULACJA W ŚRODOWISKU GORĄCYM

W wysokiej temperaturze otoczenia mechanizmy termoregulacji są odmienne niż w środowisku zimnym. Aby zabezpieczyć organizm przed przegrzaniem, którego skutkiem może być udar cieplny lub trwałe uszkodzenie struktur białkowych wewnątrz komórek, uruchamiany jest cały zespół reakcji autonomicznych. Następuje rozszerzenie peryferycznych naczyń krwionośnych oraz wzrost skórno przepływu krwi, który odprowadza nadmiar ciepła z wnętrza ciała ku jego powierzchni. Efektem ubocznym tych procesów jest obniżenie ciśnienia tętniczego i zwiększenie tętna. Skutkiem wysokiej temperatury powietrza jest podwyższenie temperatury skóry (tempo wzrostu temperatury skóry zwielokrotnia się w przypadku dopływu bezpośredniego promieniowania słonecznego lub wysiłku fizycznego). Podwyższona tempe-

ratura skóry uaktywnia gruczoły potowe. Wtedy, gdy warunki wilgotnościowe otoczenia pozwalają na wchłonięcie dodatkowej ilości pary wodnej pot pokrywający skórę paruje, obniżając jej temperaturę. Zwiększa się w ten sposób gradient termiczny pomiędzy wnętrzem ciała a jego powłoką. Dzięki temu możliwe jest intensywne przenoszenie ciepła z wnętrza ciała ku skórze, a następnie odprowadzanie go do atmosfery (Beaumont, Bullard 1965; Elizondo, Bullard 1971; Garden i in. 1966; Givoni, Belding 1965; Givoni, Goldman 1973; Kaciuba-Uściłko 1990; Kenney 1985; Kozłowski 1986; Narębski 1980; Rewerski i in. 1972). Po obniżeniu się temperatury skóry w wyniku parowania potu, dalsze stymulowanie jego wydzielania przejmują termoreceptory ośrodkowe (por. rozdz. 5.7). Straty ciepła na parowanie są bardzo efektywnym procesem jego usuwania z organizmu. Przestaje on jednak funkcjonować wtedy, gdy występuje pełne nasycenie powietrza parą wodną. Drugim czynnikiem ograniczającym zdolność ewaporacyjnej eliminacji ciepła jest maksymalnie możliwe wydzielanie potu, które nie może przekroczyć 4 litrów na godzinę (Kozłowski 1986).

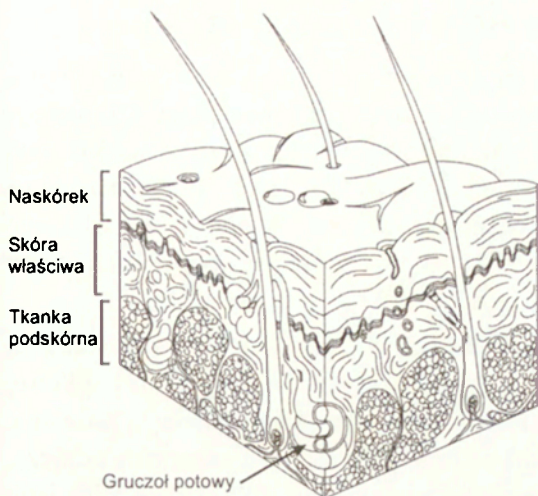
Ruch powietrza intensyfikuje usuwanie ciepła z organizmu poprzez parujący pot. Dlatego też częstym sposobem zachowania człowieka jest zwiększenie ruchu powietrza poprzez używanie wentylatorów lub wachlarzy.

W warunkach o skrajnie wysokiej temperaturze powietrza stosowane są ponadto specjalne urządzenia techniczne obniżające temperaturę ciała, na przykład kamizelki z wmontowanym systemem chłodzenia. Obniżeniu temperatury powierzchni i wnętrza ciała sprzyja także okresowe zanurzanie dłoni i stóp w zimnej wodzie na czas od kilku do kilkunastu minut.

5.7. ZNACZENIE SKÓRY W WYMIANIE CIEPŁA

Skóra stanowi anatomiczną barierę na drodze ciepła z otoczenia do organizmu oraz na drodze ciepła odprowadzanego z wnętrza ciała do otoczenia. W obrębie skóry znajdują się receptory ciepła i zimna oraz gruczoły potowe odgrywające ważną rolę w procesie wymiany ciepła pomiędzy człowiekiem i otoczeniem (Michajlik, Ramotowski 1996) (ryc. 66).

Liczba receptorów zimna jest znacznie większa niż liczba receptorów ciepła. Obydwa typy receptorów są rozmieszczone w skórze nierównomiernie; najwięcej ich znajduje się w skórze twarzy. Receptory zimna są silnie pobudzane w temperaturze skóry od 12 do 25°C, a receptory ciepła w temperaturze powyżej 35°C. W temperaturze od 25 do 35°C stymulowane są obydwie grupy receptorów; im niższa jest temperatura skóry tym wyższa jest



Ryc. 66. Budowa skóry człowieka

Skin in man

częstotliwość impulsów receptorów zimna i odwrotnie, wraz ze wzrostem temperatury znacznie zwiększa się częstotliwość impulsów wysyłanych przez receptory ciepła. Temperatury ekstremalne (poniżej 12°C i powyżej 45°C) są stale rejestrowane jako zimno lub jako gorąco, co ma na celu natychmiastowe uruchomienie reakcji obronnych zabezpieczających przed uszkodzeniem skóry i wnętrza organizmu (reakcje te zostały omówione w rozdziałach 5.6.1 i 5.6.2). Informacje o niskiej i wysokiej temperaturze skóry docierają do podwzgórza nie tylko za pomocą termoreceptorów ale także poprzez **termospecyficzne receptory bólu** (Silbernagl, Despopoulos 1994).

Liczbę **gruczołów potowych** w całym organizmie szacuje się na około 2 miliony, a najwięcej ich znajduje się na czole, dłoni, plecach oraz na podszewie. Gruczoły potowe są uaktywniane w przypadku znacznego podwyższenia się temperatury ciała. Niemniej należy pamiętać, że podczas intensywnego parowania potu następuje znaczne ochłodzenie powierzchni skóry i sygnał termiczny informujący o niebezpieczeństwie przegrzania organizmu przekazują do podwzgórza nie termoreceptory rozmieszczone w skórze – rejestrują one bowiem niską temperaturę w swoim otoczeniu – a termoreceptory znajdujące się w ośrodkowym układzie nerwowym (w podwzgórzu i w rdzeniu kręgowym) (Silbernagl, Despopoulos 1994; Michajlik, Ramotowski 1996).

Efektywność skóry jako bariery na drodze wymiany ciepła pomiędzy wnętrzem organizmu a otoczeniem doskonale ilustrują znane fakty, że nawet w bardzo wysokiej i bardzo niskiej temperaturze otoczenia organizm jest w stanie zachować względną równowagę cieplną (Kozłowski 1986).

5.8. ZNACZENIE ODZIEŻY W WYMIANIE CIEPŁA

Drugą barierą na drodze przepływu ciepła pomiędzy człowiekiem a otoczeniem jest odzież. Zabezpiecza ona organizm zarówno przed nadmiernymi stratami, jak i przed zbyt dużym dopływem ciepła z otoczenia (stanowi barierę izolacyjną pomiędzy powierzchnią ciała a atmosferą). Podstawową miarą wyrażającą izolacyjność termiczną odzieży jest clo (od angielskiego słowa *clothing*, oznaczającego odzież); 1 clo odpowiada oporowi cieplnemu równemu $0,155 \text{ K} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{W}^{-2}$ (ISO/DIS 9920).

Na termoizolacyjne właściwości odzieży wpływa przede wszystkim jej grubość i ilość warstw. Duże znaczenie mają także: rodzaj tkaniny, z której wykonano odzież, spłot włókien i krój odzieży, a nawet sposób jej noszenia. Cechy te wpływają na właściwości izolacyjne różnych zestawów odzieży, a poprzez to na wartości poszczególnych strumieni ciepła oraz na saldo jego wymiany.

Szczegółowej oceny izolacyjności termicznej konkretnych zestawów odzieżowych dokonuje się na podstawie specjalnych pomiarów w komorach klimatycznych. Wtedy, gdy jest to niemożliwe, posługujemy się tabelami zawierającymi normatywne cechy poszczególnych sztuk odzieży lub całych jej zestawów (ISO/DIS 9920). Przykłady termoizolacyjności wybranych zestawów odzieży, stosowanych w różnych porach roku, zawiera tabela 13.

Wartości termoizolacyjności podstawowej (I_{cl}) zawarte w tabeli 13 odnoszą się do warunków bezwietrznych. W praktycznych rozważaniach bilansu cieplnego człowieka uwzględnia się natomiast termoizolacyjność całkowitą (I_t) oraz termoizolacyjność efektywną (I_{ef}). Wartość I_t jest sumą termoizolacyjności podstawowej (I_{cl}) i izolacyjności termicznej przypowierzchniowej warstwy powietrza (I_a). Wartość I_a można za J. Fourt'em i N. Hollies'em (1970) obliczyć w sposób następujący:

$$I_a = 1 / (0,61 + 1,9 \cdot v^{0,5}) \quad [5.3]$$

Efektywne właściwości termoizolacyjne odzieży są natomiast zmniejszane przez ruch powietrza oraz ruch samego człowieka. Można to zapisać w sposób następujący:

$$I_{ef} = I_{cl} \cdot [1 - 0,27 \cdot (v + v')^{0,4}] \quad [5.4]$$

Tabela 13. Podstawowa izolacyjność zestawów odzieży (*Icl*) przeznaczonych do przebywania na wolnym powietrzu (Krawczyk 1993)

Typ	Rodzaj odzieży	<i>Icl</i>	
		clo	K m ² W ⁻¹
1.	Odzież letnia		
1.1.	Bardzo lekka		
	- szorty	0,1	0,016
	- szorty, koszula z krótkim rękawem	0,3	0,045
1.2.	Lekka		
	a) długie spodnie, koszula z krótkim rękawem	0,5	0,078
	b) damska sukienka z krótkim rękawem	0,5	0,078
	c) lekka odzież robocza	0,6	0,093
	d) wojskowy mundur roboczy	0,7	0,108
	e) lekki ubiór sportowy	0,9	0,140
1.3.	Zwykła		
	a) męski garnitur wełniany	1,0	0,155
	b) żakiet, spódnica wełniana	1,0	0,155
	c) typowy ubiór roboczy	1,0	0,155
2.	Odzież sezonów przejściowych (wiosna, jesień), tradycyjna odzież europejska noszona po pracy		
	a) garnitur męski, płaszcz lub kurtka	1,5	0,232
	b) żakiet, spódnica, cienki płaszcz	1,5	0,232
	c) typowy ubiór roboczy, kurtka	1,5	0,232
	d) standardowy ubiór roboczy	1,5	0,232
	e) zestaw odzieży jak w typie 2a i 2b oraz nakrycie głowy, szalik, rękawiczki		
3.	Odzież zimowa	2,5	0,388
3.1.	Lekka (zestaw odzieży jak w typie 1.3a, b oraz płaszcz na watołynie, nakrycie głowy, szalik, rękawiczki)	3,0	0,465
3.2.	Zwykła (zestaw odzieży jak wyżej z uwzględnieniem ocieplanej bielizny i obuwia)	3,5	0,542
3.3.	Ciężka – arktyczna (futro lub płaszcz z podbiciem z futra, kurtka puchowa, futrzane rękawiczki, nakrycie głowy i obuwie, pozostałe części garderoby jak w typie 1.3a, b)	>4,0	>0,620

5.8.1. PRZEWIDYWANA IZOLACYJNOŚĆ ODZIEŻY

Wielkością, która pozwala na określenie izolacyjności odzieży potrzebnej w danych warunkach meteorologicznych do zachowania równowagi cieplnej organizmu jest wskaźnik przewidywanej termoizolacyjności odzieży (*Iclp* – Insulation Predicted, w jednostkach clo). Do jego konstrukcji wykorzystano wzór A.C. Burton'a i O.G. Edholm'a (1955) pozwalający na określenie całkowitej termoizolacyjności odzieży i otaczającej ją cienkiej, przypowierzchniowej warstwy powietrza oraz wzór J. Fourt'a i N. Hollies'a (1970) wyznaczający termoizolacyjność przypowierzchniowej warstwy powietrza.

Ostatecznie przewidywaną termoizolacyjność odzieży (*Iclp*) wyznacza się z wzoru (Błażejczyk i in. 2003):

$$Iclp = \{0,082 \cdot [91,4 - (1,8 \cdot t + 32)] / (0,01724 \cdot M)\} - [1 / (0,61 + 1,9 \cdot v^{0,5})] \quad [5.5]$$

W odniesieniu do wskaźnika *Iclp* można zastosować następującą skalę oceny środowiska termicznego:

<i>Iclp</i> (clo)	Środowisko termiczne:
< 0,30	– bardzo ciepłe
0,31–0,80	– ciepłe
0,81–1,20	– neutralne
1,21–2,00	– chłodne
2,01–3,00	– zimne
3,01–4,00	– bardzo zimne
> 4,00	– arktyczne.

Zakres stosowalności wskaźnika *Iclp* jest ograniczony do warunków meteorologicznych charakteryzujących się temperaturą powietrza niższą od 20°C.

6. MODELE WYMIANY CIEPŁA POMIĘDZY CZŁOWIEKIEM A OTOCZENIEM

Wyniki szczegółowych badań eksperymentalnych, prowadzonych zarówno przez fizjologów i lekarzy, jak i przez bioklimatologów pozwoliły na stworzenie różnych modeli bilansu cieplnego człowieka. Ich podstawową słabością jest przyjmowanie pewnych uproszczeń, polegających głównie na odejściu od jednostkowych reakcji fizjologicznych pojedynczego człowieka ku ich typowym przebiegom. Niemniej jednak modele te, w powiązaniu z łatwym dostępem do komputerowych technik obliczeniowych, pozwalają na szerokie stosowanie analiz gospodarki cieplnej organizmu człowieka w badaniach termofizjologicznych i bioklimatycznych.

6.1. PRZEGLĄD MODELI

Modele bilansu cieplnego człowieka można, zależnie od warunków jakie opisują, podzielić na dwie podstawowe grupy:

- modele dla warunków niestacjonarnych,
- modele dla warunków stacjonarnych.

Jako niestacjonarne określa się takie warunki, w których następują chwilowe wahania reakcji termoregulacyjnych organizmu, będące wynikiem obciążenia pracą lub zmieniających się warunków termicznych otoczenia, a saldo wymiany ciepła jest różne od zera (Clark i in. 1980). W modelach opisujących niestacjonarne warunki wymiany ciepła pomiędzy człowiekiem a otoczeniem mierzy się, lub szacuje przy pomocy metod pośrednich, wartości wszystkich, podstawowych składników bilansu cieplnego. Odnosi się to zarówno do parametrów meteorologicznych, jak i fizjologicznych.

O warunkach stacjonarnych można mówić w przypadku dłuższych okresów (co najmniej doby), gdy brane są pod uwagę uśrednione wartości parametrów fizjologicznych i meteorologicznych, które zapewniają równoważenie się zysków i strat ciepła (Mitchell 1977). Modele tego typu są stosunkowo często stosowane w badaniach bioklimatycznych.

Pierwsze modele bilansu cieplnego człowieka dla warunków niestacjonarnych pojawiły się w latach 1966–1975. Model opracowany przez W.H. Terjunga (1966, 1970) był przez autora stosowany do badania bioklimatu miast w Kalifornii. Podobny model był też stosowany przez S.E. Tul-

lera (1975) do badania mikroklimatu otoczenia budynków. Niemal w tym samym czasie opracowali swe modele P. Webb (1971) oraz N.P. Povolockaja (1975). Nowością w modelu Webba było uwzględnienie strat lub zysków ciepła związanych z piciem napojów. Powołocka wydzieliła natomiast – jako oddzielny człon – straty ciepła na oddychanie. Badania prowadzone wśród pacjentów i mieszkańców uzdrowisk kaukaskich pozwoliły autorce na opracowanie klasyfikacji obciążeń termicznych i odczuć cieplnych ludzi, przy różnej, wskaźnikowej wartości salda wymiany ciepła.

Rozwiązanie zaproponowane przez G. Jendritzky'ego (1990) nosi nazwę „Klima-Michel-Modell” i służy do badań bioklimatycznych w skali lokalnej i regionalnej. W modelu tym straty ciepła na parowanie są rozdzielone na dyfuzyjne i związane z poceniem się. Z kolei model opracowany przez C.R. de Freitas (1985, 1990) otrzymał nazwę HEBIDEX; badania przeprowadzone wśród użytkowników plaż australijskich pozwoliły autorowi na opracowanie skali odczuć cieplnych człowieka. Model MEMI, którego twórcą jest P. Hoppe (1984), pozwala na określenie obciążeń organizmu spowodowanych warunkami atmosferycznymi; uwzględnia przy tym fizjologiczne różnice pomiędzy mężczyznami i kobietami.

Badania fizjoklimatyczne prowadzone w terenie otwartym, podczas których mierzy się zarówno parametry meteorologiczne jak i fizjologiczne, są podejmowane niezmiernie rzadko. Określone w tych badaniach zmiany zawartości ciepła w organizmie są realnymi wielkościami fizjologicznymi, mówiącymi o rzeczywistych, termicznych obciążeniach organizmu. Badania B. Nielsen i in. (1988) dotyczyły osób ćwiczących na ergometrze, ubranych tylko w spodenki gimnastyczne. Natomiast C.R. de Freitas i M.G. Ryken (1989) prowadzili pomiary na osobach biegających w stroju gimnastycznym, a zastosowanemu do obliczeń bilansu cieplnego modelowi nadali nazwę BIODEX. Badania K. Błażejczyka i B. Krawczyk prowadzone były w różnych strefach klimatycznych i odnosiły się do człowieka ubranego w odzież letnią (o izolacji termicznej 1 clo), stojącego w pozycji spoczynkowej (Błażejczyk 1988, 1991; Błażejczyk, Krawczyk 1991; Krawczyk, Błażejczyk 1991).

Eksperymenty terenowe podejmowane przez K. Błażejczyka w latach 1993–2002 dotyczyły różnych aspektów bilansu cieplnego człowieka w terenie otwartym. Autor zajmował się, między innymi, wpływem na bilans cieplny człowieka:

1) ekstremalnych warunków termicznych (Błażejczyk 1997, 2000a) i promieniowania słonecznego (Błażejczyk 1995, 1996 1998a, b, 2000b; Błażejczyk i in. 1998b, 2000b),

2) odzieży o różnej barwie i izolacyjności termicznej (Błażejczyk, Holmér 2000, Błażejczyk i in. 1999),

3) ekspozycji ciała w stosunku do promieni słonecznych (Błażejczyk 1998a, b),

4) wysiłku fizycznego (Błażejczyk 1997, 2002b).

Badania te pozwoliły autorowi na opracowanie kompleksowego modelu wymiany ciepła pomiędzy człowiekiem a otoczeniem – MENEX. Model MENEX był zastosowany m.in. do oceny biotermicznych warunków klimatoterapii (Błażejczyk 2001a, Kozłowska-Szczęśna i in. 2002), w ocenie przydatności pogody do rekreacji i turystyki (Błażejczyk 2003) oraz do określenia potencjału rekreacyjnego klimatu w Bułgarii (Mateeva, Filipov 2003). Nowa, zmodyfikowana wersja modelu zostanie przedstawiona w dalszej części rozdziału.

Znaczna część wymienionych wyżej modeli przyjmuje założenie, że fizjologiczne składniki bilansu cieplnego mają wartości stałe (np. temperatura skóry 33°C, metabolizm 70 lub 135 W·m⁻², jako stała jest także przyjmowana termoizolacyjność odzieży). Obliczone w ten sposób saldo wymiany ciepła zależy więc tylko od warunków meteorologicznych i może być traktowane jedynie jako wskaźnik oceny warunków bioklimatycznych, a nie jako realna wielkość fizjologiczna. Część modeli przyjmuje natomiast realne wartości zarówno parametrów meteorologicznych, jak i fizjologicznych. W tych modelach saldo wymiany ciepła jest wielkością fizjologiczną, mówiącą o rzeczywistych, chwilowych niedoborach lub nadwyżkach ciepła (tab. 14).

Tabela 14. Modele bilansu cieplnego człowieka dla warunków niestacjonarnych, stosowane w badaniach fizjologicznych i bioklimatycznych (Błażejczyk 1993)

Autor modelu	Uwzględniane strumienie ciepła	Miara salda wymiany ciepła
Bligh i Johnson (1973)	<i>BMR, WL, E, Q, C, Kd, Res</i>	wielkość fizjologiczna
Terjung (1966)	<i>M, E, Q, C</i>	wskaźnik bioklimatyczny
Terjung (1970)	<i>M, R, L, E, C</i>	wskaźnik bioklimatyczny
Webb (1971)	<i>M, Kd, E, C, Q, WL, P</i>	wskaźnik bioklimatyczny
Povolockaja (1975)	<i>M, Q, E, C, Res</i>	wskaźnik bioklimatyczny
Freitas, de (1985) (HEBIDEX)	<i>M, R, L, E, C, Kd</i>	wskaźnik bioklimatyczny
Nielsen i in. (1988)	<i>BMR, WL, R, L, C, E</i>	wielkość fizjologiczna
Freitas, de i Ryken (1989)	<i>BMR, WL, E, C, R</i>	wielkość fizjologiczna
Jendritzky (1990)	<i>M, Q, C, E, Res, P</i>	wskaźnik bioklimatyczny
Błażejczyk (1991)	<i>M, R, L, E, C, Res</i>	wielkość fizjologiczna
Błażejczyk (1993, 1994) (MENEX)	<i>BMR, WL, R, L, C, E, Res.</i>	wielkość fizjologiczna

P – zyski lub straty ciepła związane ze spożywaniem pokarmów i piciem napojów

Istnieje także grupa modeli dostosowanych do stacjonarnych warunków wymiany ciepła. Modele te zakładają równoważenie się w cyklu dobowym zysków i strat ciepła z organizmu i służą do ogólnej oceny warunków bioklimatycznych. Równoważenie bilansu cieplnego następuje poprzez zmiany: temperatury skóry, termoizolacyjności odzieży, poziomu aktywności fizycznej lub ilości potu parującego z powierzchni ciała. Wartość wybranego czynnika równoważającego jest z reguły wskaźnikiem oceny termicznych warunków środowiska (tab. 15).

Tabela 15. Modele bilansu cieplnego człowieka dla warunków stacjonarnych, stosowane w badaniach bioklimatycznych (Błażejczyk 1993)

Autor modelu	Uwzględniane strumienie ciepła	Czynnik równoważający wymianę ciepła
Budyko (1975)	<i>M, Q, E, C, Res</i>	temperatura skóry, odzież
Marinov (1961)	<i>M, R, L, E, C, Res</i>	temperatura skóry
Ajzenštat (1973)	<i>M, R, L, E, C, Res</i>	parowanie potu
Morgan i Baskett (1974)	<i>M, R, L, E, C, Res</i>	temperatura skóry
Givoni (1976)	<i>M, Q, C, E</i>	parowanie potu
Krawczyk (1979)	<i>M, R, L, E, C</i>	temperatura skóry
Burt i in. (1982)	<i>BMR, WL, R, L, C, E</i>	temperatura skóry
Freitas, de (1985) (STEBIDEX)	<i>M, R, L, E, C, Kd</i>	temperatura skóry
Hammer i in. (1988)	<i>BMR, WL, E, C, Res, Q</i>	metabolizm, odzież
Holmér (1988)	<i>BMR, WL, Res, E, C, Q</i>	odzież
Błażejczyk (1993, 1994) (MENEX)	<i>BMR, WL, R, L, C, E, Res</i>	temperatura skóry lub odzież

W modelu opracowanym przez zespół M.I. Budyko (Budyko, Cicenکو 1960; Liopo, Cicenکو 1971) czynnikiem równowagi cieplnej jest – poza temperaturą skóry – termoizolacyjność odzieży. Model ten był stosowany w badaniach przez B. Krawczyk (1979, 1984), która rozdzieliła saldo wymiany radiacyjnej w pełnym zakresie widma na pochłonięte promieniowanie słoneczne i saldo promieniowania w zakresie długofalowym, oraz przez K. Błażejczyka (1987), który rozpatrywał strukturę pochłoniętego promieniowania słonecznego.

W modelu MANMO (Morgan, Baskett 1974) wskaźnikiem odczuć cieplnych jest stosunek temperatury skóry, zapewniającej równowagę cieplną, do temperatury skóry w warunkach komfortowych (33°C). Specyfiką modelu HUMAN (Burt i in. 1982a, b) jest rozpatrywanie wymiany ciepła pomiędzy skórą i odzieżą, w obrębie różnych warstw odzieży oraz pomiędzy odzieżą a otoczeniem. Model STEBIDEX (de Freitas 1985, 1990) zakłada równowagę zysków i strat ciepła poprzez zmiany temperatury skóry. Taką samą podstawę bilansowania się wymiany ciepła przyjął V.K. Marinov (*Atlas kurortno...* 1971); wskaźnikiem obciążeń cieplnych jest tu ciśnienie pary wodnej na powierzchni skóry.

Modele stosowane w warunkach charakteryzujących się wysoką temperaturą powietrza i małą jego wilgotnością zakładają równoważenie się bilansu cieplnego człowieka poprzez parowanie wody z powierzchni ciała, a natężenie ewaporacji jest wskaźnikiem obciążenia cieplnego ustroju (Ajzenštat 1973, 1987; Givoni 1976).

Do oceny natężenia stresu zimna w pomieszczeniach zamkniętych przydatny jest model IREQ (Holmer 1988, 1994). Wskaźnikiem oceny biotermicznej środowiska jest termoizolacyjność odzieży, która zapewniałaby równowagę cieplną organizmu.

N. Hammer i in. (1986) oraz E. Koch i E. Rudel (1988) zaproponowali model, w którym równoważenie się przychodów i strat ciepła jest efektem zmian termoizolacyjności odzieży oraz aktywności fizycznej. Kombinacja metabolizmu i odzieży, równoważących wymianę ciepła, jest wskaźnikiem odczuwalności cieplnej.

* * *

Część z opisanych wyżej modeli została z powodzeniem wykorzystana do przedstawienia zróżnicowania przestrzennego warunków bioklimatycznych. Z ważniejszych opracowań regionalnych należy wymienić atlasy bilansu cieplnego człowieka Azji Środkowej (Ajzenštat 1973) i Bułgarii (*Atlas kurtortno...* 1971) oraz mapy rozkładu różnych wskaźników opartych na bilansie cieplnym człowieka, wykonane dla obszaru USA (Steadman 1979; Terjung 1966) i byłego ZSRR (Cicenکو 1967). Najnowszymi przykładami regionalnych opracowań bioklimatycznych są mapy obciążeń cieplnych człowieka na obszarze byłego RFN (Jendritzky 1990) oraz typy bioklimatu Polski wyznaczone na podstawie izolacyjności termicznej odzieży, gwarantującej komfort cieplny (Krawczyk 1993, 2000).

Istnieją także opracowania odnoszące się do skali lokalnej. Znaczna ich liczba dotyczy miast i obszarów zurbanizowanych, gdzie badano zróżnicowanie przestrzenne ilości pochłoniętego promieniowania słonecznego oraz obciążeń cieplnych człowieka (Błażejczyk 2002a; Burt i in. 1982b; Clarke, Bach 1971; Kozłowska-Szczęsna i in. 1996; Morgan, Baskett 1974; Terjung 1970; Terjung i in. 1970). Zróżnicowanie bilansu cieplnego człowieka w naturalnych typach krajobrazu było badane: na pustyni Kyzyl-kum i w górach Kopet-dag (Abdumalikov 1974) oraz na północnym Kaukazie (Povolockaja 1975). W Polsce badaniami objęto: Beskidy i południowe wybrzeże Bałtyku (Krawczyk 1979, 1983 1984), dolinę Wisły w rejonie Warszawy i Pojezierze Suwalskie (Błażejczyk 1988, 1990b, 1991, 1992b), fragment Puszczy Knyszyńskiej (Kozłowska-Szczęsna i in. 1995), obszar Krasnobrodu na Roztoczu (Kozłowska-Szczęsna i in. 2001) oraz Tatry (Błażejczyk 1998a).

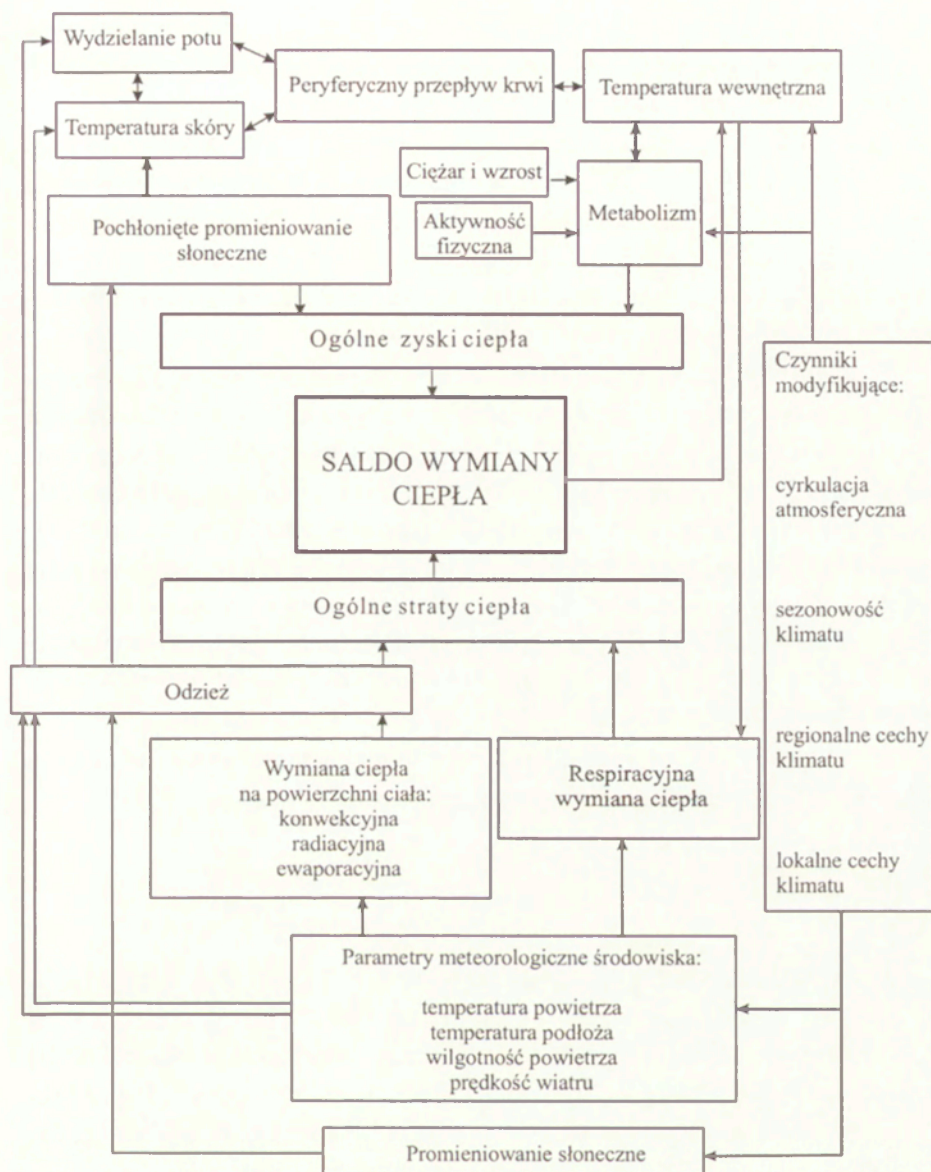
Istnieją także metody wydzielenia jednostek biotopoklimatycznych o jednorodnych cechach bilansu cieplnego człowieka. Metoda G. Menza (1990) – wykorzystująca „Klima-Michel-Modell” – pozwala na wyznaczenie typów w terenu z charakterystyczną liczbą dni, podczas których może latem wystąpić niebezpieczeństwo przegrzania organizmu. Metoda K. Błażejczyka (1988, 1990b, d, 1992b, 1993, 2002a) proponuje wydzielenie biotopoklimatów na podstawie struktury zysków i strat ciepła z organizmu w warunkach stacjonarnych.

6.2. MENEX_2002 – KOMPLEKSOWY MODEL WYMIANY CIEPŁA PÓMIĘDZY CZŁOWIEKIEM A OTOCZENIEM

Omówione wyżej modele wprowadziły do badań bilansu cieplnego człowieka szereg ważnych elementów. Żaden jednak z nich nie spełnia wymogów kompleksowości, zarówno w odniesieniu do uwzględnionych składników, jak i szerokiego zakresu możliwych zastosowań. Najslabszym elementem większości dotychczasowych modeli jest określanie zysków ciepła z pochłoniętego promieniowania słonecznego oraz obliczanie ewaporacyjnych strat ciepła. Liczne badania eksperymentalne autora pozwoliły na rozwiązanie pierwszego z problemów. Nadal są prowadzone badania ukierunkowane na uściślenie ewaporacyjnych strat ciepła.

Model MENEX_2002 pozwala na analizę bilansu cieplnego człowieka w terenie otwartym, zarówno w warunkach niestacjonarnych (do oceny biotermicznej różnych warunków środowiskowych - pogodowych i terenowych) jak i stacjonarnych (do ogólnej oceny warunków bioklimatycznych). Model zawiera także opcję uproszczonego wyznaczania przybliżonych wartości charakterystyk bilansu cieplnego człowieka, która umożliwi szerokie zastosowanie bilansu cieplnego człowieka w badaniach bioklimatycznych. Pierwotna wersja modelu, o nazwie MENEX, powstała w roku 1993 i była kilkakrotnie przedstawiana w piśmiennictwie geograficznym (Błażejczyk 1993, 1994, 2001a). Ogólny schemat modelu MENEX_2002 przedstawia rycina 67. W stosunku do wcześniejszych wersji w modelu MENEX_2002 wprowadzono pewne uzupełnienia i zmiany, które odnoszą się do:

- sposobu wyznaczania strumieni radiacyjnej wymiany ciepła (pochłoniętego promieniowania słonecznego i bilansu promieniowania w zakresie długofalowym),
- sposobu wyznaczania termoizolacyjnych właściwości odzieży.



Ryc. 67. Ogólny schemat modelu wymiany ciepła pomiędzy człowiekiem a otoczeniem – MENEX_2002

General scheme of man-environment heat exchange model MENEX_2002

W modelu uwzględniono szereg zaleceń rekomendowanych przez Międzynarodowe Towarzystwo Biometeorologii (ISB). Obliczenia strumieni ciepła i innych charakterystyk bilansu cieplnego człowieka można przeprowadzić wykorzystując program BioKlima©2.2, który jest dostępny na stronie internetowej: www.igipz.pan.pl/klimat/blaz/bioklima.htm

Dane wejściowe, stosowane w modelu MENEX_2002, składają się z zestawu elementów meteorologicznych panujących w otoczeniu człowieka (natężenie promieniowania słonecznego, zachmurzenie, temperatura i wilgotność powietrza, temperatura podłoża, prędkość wiatru), parametrów fizjologicznych (metaboliczna produkcja ciepła, temperatura skóry) oraz informacji o termoizolacyjnych właściwościach odzieży.

Dane wyjściowe dostarczają informacji o natężeniu poszczególnych strumieni ciepła (Q , R , C , E , L , Res), salda wymiany ciepła (S), a także innych wielkości charakteryzujących bilans cieplny człowieka (dopuszczalny czas przebywania – MTE , straty wody – SW , obciążenie cieplne organizmu – HL , wskaźnik stresu fizjologicznego – PhS). Pod wpływem czynników środowiskowych i fizjologicznych reakcji organizmu kształtują się subiektywnie odczuwane odczucia cieplne. Do ich oceny służy nowy wskaźnik temperatury odczuwalnej – STI . Każda z powyższych wielkości jest nie tylko wskaźnikiem biotermicznym, ale mówi także o rzeczywistych obciążeniach cieplnych człowieka.

Ogólne równanie bilansu cieplnego człowieka zastosowane w modelu MENEX_2002 ma następującą postać:

$$M + Q + E + C + Res = S \quad [6.1]$$

6.2.1. WYZNACZANIE POSZCZEGÓLNYCH STRUMIENI CIEPŁA

Metaboliczna produkcja ciepła (M , w $W \cdot m^{-2}$) może być określona indywidualnie (na podstawie wzorów Schefield'a, tab. 11) lub zgodnie z normą ISO 8996 (tab. 12). Międzynarodowe Towarzystwo Biometeorologii (ISB) zaleca stosowanie wartości M równej $135 W \cdot m^{-2}$, która odpowiada produkcji ciepła podczas marszu, w terenie płaskim, z prędkością 4 km/godz. ($1,1 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$).

Ewaporacyjne straty ciepła (E , w $W \cdot m^{-2}$) zależą przede wszystkim od różnicy ciśnienia pary wodnej na powierzchni skóry oraz w otaczającym powietrzu. Uwzględniane są także inne parametry środowiskowe i fizjologiczne (stopień uwilgotnienia skóry, płeć, wzrost ewaporacji w wyniku aktywności fizycznej):

$$E = \{he \cdot (vp - vp_{sk}) \cdot w \cdot Ie - [0,42 \cdot (M - 58) - 5,04]\} \cdot sex \quad [6.2]$$

Ciśnienie pary wodnej na powierzchni skóry (vp_{sk}) oraz współczynnik uwilgotnienia (w) liczy się, jako funkcje temperatury skóry (Tsk):

$$vp_k = e^{(0,058 \cdot Tsk + 2,003)} \quad [6.3]$$

$$w = 1,031 / (37,5 - Tsk) - 0,065 \quad [6.4]$$

(dla $Tsk > 36,5^\circ\text{C}$ $w = 1,0$, a dla $Tsk < 22^\circ\text{C}$ $w = 0,002$)

Pozostałe współczynniki są liczone następująco:

$$he = [t \cdot (0,00006 \cdot t - 0,00002 \cdot ap + 0,011) + 0,02 \cdot ap - 0,773] \cdot (v + v')^{0,5} \quad [6.5]$$

gdzie: prędkość ruchu człowieka (v') należy zgodzie z zaleceniem ISB przyjąć jako równą $1,1 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$.

$$Ie = hc' / (hc' + hc) \quad [6.6]$$

$$hc = (0,013 \cdot ap - 0,04 \cdot t - 0,503) \cdot (v + v')^{0,5} \quad [6.7]$$

$$hc' = (0,013 \cdot ap - 0,04 \cdot t - 0,503) \cdot 0,53 / \{Icl \cdot [1 - 0,27 \cdot (v + v')^{0,4}]\} \quad [6.8]$$

$$Icl = 1,691 - 0,0436 \cdot t \quad [6.9]$$

(dla $t < -30^\circ\text{C}$ $Icl = 3,0$, a dla $t > 25^\circ\text{C}$ $Icl = 0,6$).

Konwekcyjna wymiana ciepła (C , w $\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$) zależy od różnicy temperatury pomiędzy skórą a powietrzem, od prędkości ruchu powietrza oraz od jego gęstości i pojemności cieplnej:

$$C = hc \cdot (t - Tsk) \cdot Irc, \quad [6.10]$$

$$Irc = hc' / (hc' + hc + 4 \cdot s \cdot \sigma \cdot T^3) \quad [6.11]$$

Bilans radiacyjny (Q , w $\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$) jest sumą pochłoniętego promieniowania słonecznego (krótkofalowego) oraz bilansu promieniowania w zakresie długofalowym (promieniowania ciepłego):

$$Q = R + L \quad [6.12]$$

Bilans promieniowania w zakresie długofalowym (L , w $\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$) jest saldem promieniowania emitowanego przez powierzchnię ciała (Ls) oraz promieniowania ciepłego emitowanego przez podłoże (Lg) i promieniowania zwrotnego atmosfery (La):

$$L = (0,5 \cdot Lg + 0,5 \cdot La - Ls) \cdot Irc \quad [6.13]$$

$$\text{gdzie: } Lg = 5,5 \cdot 10^{-8} \cdot (273 + Tg)^4, \quad [6.14]$$

$$La = 5,5 \cdot 10^{-8} \cdot (273 + t)^4 \cdot (0,82 - 0,25 \cdot 10^{(-0,094 \cdot vp)}), \quad [6.15]$$

$$Ls = 5,38 \cdot 10^{-8} \cdot (273 + Tsk)^4, \quad [6.16]$$

W przypadku, gdy nie dysponujemy pomiarami temperatury powierzchni gruntu wartość Tg można oszacować w sposób następujący:

– (dla zachmurzenia - $N \geq 80\%$)

$$Tg = t \quad [6.17]$$

– (dla $N < 80\%$ i $t \geq 0^\circ\text{C}$)

$$Tg = 1,25 \cdot t \quad [6.18]$$

– (dla $N < 80\%$ i $t < 0^\circ\text{C}$)

$$Tg = 0,9 \cdot t \quad [6.19]$$

Pochłonięte promieniowanie słoneczne (R , w $\text{W} \cdot \text{m}^{-2}$) – zależnie od rodzaju danych wejściowych – może być obliczone przy pomocy jednego z poniższych modeli: **SolMrt**, **SolDir**, **SolGlob**, **SolAlt**.

Służby meteorologiczne niektórych państw (np. Niemiec) dostarczają informacji na temat tzw. średniej temperatury promieniowania (Mrt , por. rozdz. 3.1.3). Wielkość ta reprezentuje temperaturę cienkiej warstwy powietrza otaczającej powierzchnię ciała człowieka, kształtującą się pod wpływem temperatury powietrza i dopływającego promieniowania słonecznego. Posiadając informacje o wartości Mrt używamy modelu **SolMrt**:

$$R = \{[5,38 \cdot 10^{-8} \cdot (273 + Mrt)^4] - [5,38 \cdot 10^{-8} \cdot (273 + t)^4]\} \cdot Irc \quad [6.20]$$

Wykorzystując dane odnoszące się do natężenia poszczególnych strumieni promieniowania słonecznego (bezpośredniego – $Kdir$, rozproszonego – $Kdif$ i odbitego od podłoża – $Kref$) można zastosować model **SolDir** (Błażejczyk 1998a). W zależności od wysokości Słońca nad horyzontem (h) używamy jednego z dwóch wzorów:

– dla $h < 5^\circ$

$$R = [1,4 \cdot Kdir \cdot e^{(-0,51 + 0,368 \cdot h)} + (Kdif + Kref) \cdot (0,0018 + 0,0462 \cdot \ln h)] \cdot (1 - 0,01 \cdot ac) \cdot Irc \quad [6.21]$$

– dla $h > 5^\circ$

$$R = [Kdir \cdot (26,342 / h - 0,329) + (Kdif + Kref) \cdot (0,0018 + 0,0462 \cdot \ln h)] \cdot (1 - 0,01 \cdot ac) \cdot Irc \quad [6.22]$$

Najczęściej na stacjach meteorologicznych mierzy się natężenie całkowitego promieniowania słonecznego ($Kglob$). Dysponując informacjami o tym strumieniu promieniowania używamy modelu **SolGlob**. Wzory pozwalają-

ce na obliczenie wartości R mają różną postać, w zależności od wysokości Słońca i współczynnika zmian natężenia $Kglob(k)$. Współczynnik k jest stosunkiem aktualnej wartości $Kglob$ do teoretycznej wartości promieniowania całkowitego przy niebie bezchmurnym (Kt).

$$k = Kglob / Kt \quad [6.23]$$

Wartość Kt liczy się następująco:

$$Kt = -0,0015 \cdot h^3 + 0,1796 \cdot h^2 + 9,6375 \cdot h - 11,9 \quad [6.24]$$

Wzory pozwalające na obliczenie pochłoniętego promieniowania słonecznego mają następującą postać:

– dla $h < 12^\circ$,

$$R = (0,0014 \cdot Kglob^2 + 0,476 \cdot Kglob - 3,8) \cdot (1 - 0,01 \cdot ac) \cdot Irc \quad [6.25]$$

– dla $h > 12^\circ$ oraz $k \leq 0,8$

$$R = 0,2467 \cdot Kglob^{0,9763} \cdot (1 - 0,01 \cdot ac) \cdot Irc \quad [6.26]$$

– dla $h > 12^\circ$ oraz k większego od 0,8 aż do 1,05

$$R = 3,6922 \cdot Kglob^{0,5842} \cdot (1 - 0,01 \cdot ac) \cdot Irc \quad [6.27]$$

– dla $h > 12^\circ$ oraz k większego od 1,05 aż do 1,2

$$R = 43,426 \cdot Kglob^{0,2326} \cdot (1 - 0,01 \cdot ac) \cdot Irc \quad [6.28]$$

– dla $h > 12^\circ$ oraz k większego od 1,2

$$R = 8,9281 \cdot Kglob^{0,4861} \cdot (1 - 0,01 \cdot ac) \cdot Irc \quad [6.29]$$

W sytuacji, gdy nie dysponujemy żadnymi pomiarowymi danymi, dotyczącymi natężenia promieniowania słonecznego, możemy oszacować wartość R (z błędem nie przekraczającym 20%) przy pomocy modelu SolAlt. Szczegółowe wzory mają zróżnicowaną postać, zależnie od wysokości Słońca i wielkości zachmurzenia:

– dla $h \leq 4^\circ$

$$R = (1,642 + 0,254 \cdot h^2) \cdot (1 - 0,01 \cdot ac) \cdot Irc \quad [6.30]$$

– dla $h > 4^\circ$ oraz N nie większego niż 20%

$$R = (103,573 \cdot \ln h - 140,6) \cdot (1 - 0,01 \cdot ac) \cdot Irc \quad [6.31]$$

– dla $h > 4^\circ$ oraz N większego od 20%, aż do 50%

$$R = 1,4 \cdot e^{(5,383 - 16,072/h)} \cdot (1 - 0,01 \cdot ac) \cdot Irc \quad [6.32]$$

– dla $h > 4^\circ$ oraz N większego od 50%, aż do 80%

$$R = 1,4 \cdot e^{(5,012 - 11,805/h)} \cdot (1 - 0,01 \cdot ac) \cdot Irc \quad [6.33]$$

– dla $h > 4^\circ$ oraz N większego od 80% oraz dla $h > 4^\circ$ i miejsc zacienionych

$$R = 0,9506 \cdot h^{1,039} \cdot (1 - 0,01 \cdot ac) \cdot Irc \quad [6.34]$$

Respiracyjne straty ciepła (Res , w $W \cdot m^{-2}$) związane są z oddawaniem ciepła do otoczenia poprzez oddychanie na drodze konwekcji i ewaporacji. Wartość Res zależy zatem od różnicy temperatury pomiędzy atmosferą a powietrzem wydychanym (przyjmowaną jako $35^\circ C$) oraz od różnicy pomiędzy ciśnieniem pary wodnej w atmosferze a ciśnieniem pary wodnej w powietrzu wydychanym (przyjmowanym jako 56,2 hPa):

$$Res = 0,0014 \cdot M \cdot (t - 35) + 0,00173 \cdot M \cdot (vp - 56,2) \quad [6.35]$$

Parametrem fizjologicznym, który jest podstawą wyznaczenia większości strumieni ciepła jest temperatura skóry. Poza specjalnymi badaniami termofizjologicznymi pomiary terenowe temperatury skóry nie są prowadzone. Jak już wspomniano w rozdziale 5.7, temperatura skóry kształtuje się pod wpływem czynników atmosferycznych i fizjologicznych. Wartość Tsk można oszacować z błędem nie większym od 15% na podstawie danych meteorologicznych korzystając z poniższego wzoru:

$$Tsk = (26,4 + 0,0214 \cdot Mrt + 0,2095 \cdot t - 0,018 \cdot RH - 0,01 \cdot v) + 0,6 \cdot (Icl - 1) + 0,00128 \cdot M \quad [6.36]$$

Wtedy, gdy nie posiadamy informacji o wartości Mrt (jako danej wejściowej do modelu) możemy ją obliczyć korzystając z poniższego wzoru:

$$Mrt = [R' / (5,39 \cdot 10^{-8}) + (273 + t)^4]^{0,25} - 273 \quad [6.37]$$

gdzie: R' oznacza promieniowanie pochłonięte przez wierzchnią warstwę odzieży lub przez człowieka nie ubranego:

$$R' = R / Irc \quad [6.38]$$

gdzie: wartość R wyznacza się przy pomocy jednego z modeli: **SolDir**, **SolGlob** lub **SolAlt**.

6.3. CHARAKTERYSTYKI WARUNKÓW BIOTERMICZNYCH

Obliczone w podany wyżej sposób składniki bilansu cieplnego człowieka służą do oceny warunków biotermicznych. Pod terminem tym należy rozumieć efekt oddziaływania warunków termicznych otoczenia na organizm człowieka. Bódcze termiczne, radiacyjne, wilgotnościowe i wietrzne stymulują szereg fizjologicznych procesów dostosowawczych w organizmie. Uaktywnione reakcje organizmu zmieniają warunki wymiany ciepła z otoczeniem.

Warunki biotermiczne są zatem wynikiem wspólnego oddziaływania bodźców atmosferycznych i swoistych reakcji organizmu na te bodźce.

Dla zilustrowania tych warunków używa się różnych charakterystyk, opartych na składnikach bilansu cieplnego. Opisują one różne aspekty gospodarki cieplnej organizmu człowieka i są podstawą szczegółowej charakterystyki danego miejsca lub sezonu, jak również występujących aktualnie warunków pogodowych.

6.3.1. NATĘŻENIE STRUMIENI CIEPŁA

Podstawowych informacji o warunkach biotermicznych dostarcza nam analiza natężenia poszczególnych strumieni ciepła. Pozwala nam ona na określenie rzeczywistych procesów termofizjologicznych zachodzących w organizmie w wyniku oddziaływania bodźców meteorologicznych.

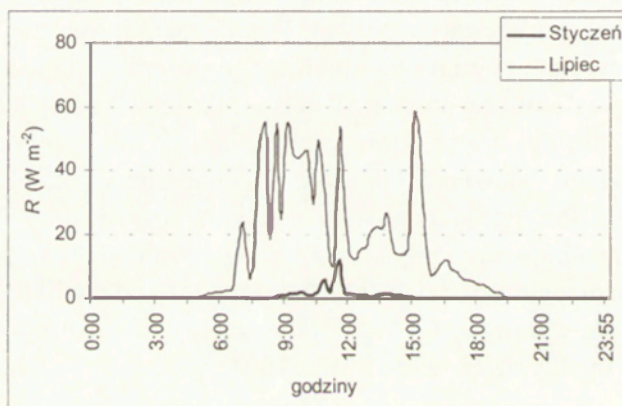
Do ilustracji przebiegów dobowych strumieni wymiany ciepła pomiędzy człowiekiem a otoczeniem wykorzystano dane pomiarowe ze stacji badawczej Instytutu Geografii i Przestrzennego Zagospodarowania PAN, zlokalizowanej w centrum Warszawy, przy ul. Twardej 51/55. Na stacji prowadzone są automatyczne pomiary całkowitego promieniowania słonecznego, temperatury i wilgotności powietrza oraz prędkości wiatru, a więc tych elementów meteorologicznych, które są niezbędne do obliczenia składników bilansu cieplnego człowieka. Obliczeń dokonano przy pomocy programu BioKlima©2.2. Przyjęto stały poziom metabolizmu, równy $135 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$, charakterystyczny dla spaceru z prędkością 4 km/godz oraz albedo odzieży równe 30%. Termoizolacyjność odzieży określona była wg wzoru [6.9], a temperatura skóry – wg wzoru [6.36]. Wybrano mroźny dzień zimy (3 stycznia 2002 r.) oraz upalny dzień letni (1 lipca 2001 r.).

Dopływ ciepła do organizmu

Model MENEX_2002 pozwala na ustalenie, dla jakiego poziomu aktywności fizycznej i związanej z tym metabolicznej produkcji ciepła wykonywane są konkretne analizy. Określając poziom metabolizmu analizujemy udział w bilansie cieplnym drugiego ze źródeł ciepła dla organizmu, jakim jest **pochłonięte promieniowanie słoneczne**. Może się ono zmieniać w bardzo dużym zakresie, zależnie od aktualnych warunków solarnych, ale także od rodzaju (barwy, termoizolacyjności) noszonej odzieży. Obliczeń ilości pochłoniętego promieniowania słonecznego dokonano przy pomocy modelu SolGlob (wzory od [6.25] do [6.29]).

W wybranych dniach natężenie pochłoniętego promieniowania słonecznego różniło się znacznie. W styczniu, wyniosło ono maksymalnie $11 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$, a w lipcu sięgało $60 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$. Różnice te były spowodowane dwoma czynnikami. Pierwszym było natężenie promieniowania słonecznego. W styczniu było ono niewielkie, nie przekraczało bowiem $20 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$, natomiast w lipcu natężenie *Kglob* przez znaczną część dnia przekraczało $600 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$. Drugim czynnikiem różnicującym natężenie strumienia *R* była termoizolacyjność odzieży. Zimą wahała się ona od 2 do 3 clo, a latem wynosiła jedynie 0,6–1,0 clo. Tak więc, odzież zimowa znacznie skuteczniej niż odzież letnia ograniczała dopływ do powierzchni ciała energii cieplnej z pochłoniętego promieniowania słonecznego (ryc. 68).

Prawidłowość ta jest znana także wśród wielu ludów żyjących na pustyniach, gdzie intensywność bodźców radiacyjnych jest bardzo duża. Mieszkańcy tych obszarów chronią się przed nadmierną ilością pochłoniętego promieniowania słonecznego stosowaniem odzieży wełnianej, o wysokich właściwościach termoizolacyjnych.



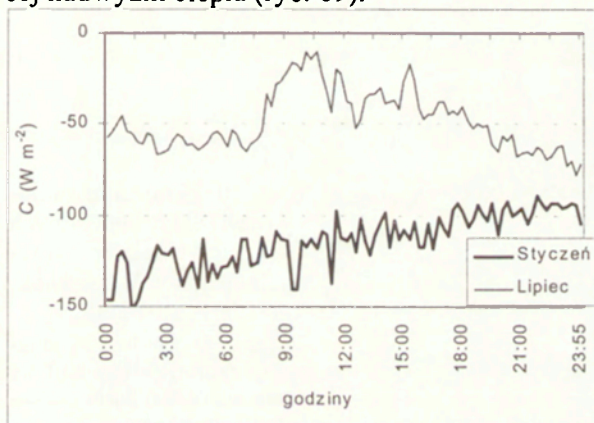
Ryc. 68. Natężenie pochłoniętego promieniowania słonecznego (*R*) w wybranych dniach w Warszawie: 1.07.2001, 3.01.2002

Intensity of absorbed solar radiation (*R*) during selected days in Warsaw: lipiec – 1.07.2001, styczeń – 3.01.2002,

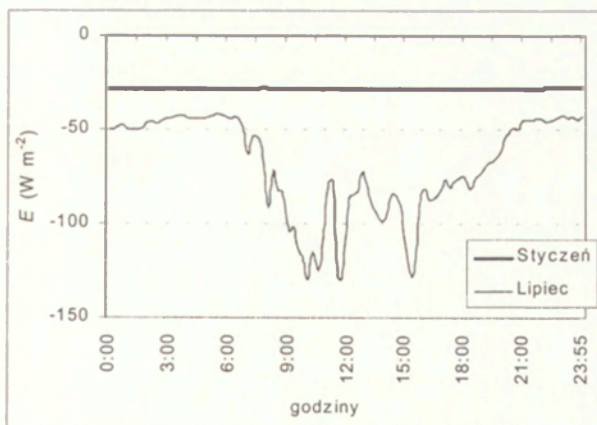
Straty ciepła z organizmu

Głównymi formami odprowadzania ciepła z organizmu do otoczenia są ewaporacja i konwekcja. W zależności od aktualnych warunków termiczno-wilgotnościowych otoczenia przeważa jeden lub drugi strumień ciepła. W dniu zimowym zdecydowanie dominowało konwekcyjne unoszenie ciepła, które osiągało natężenie aż do $-150 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$. W tym samym czasie straty ciepła na parowanie nie przekraczały $-30 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$. Intensywna konwekcja była spowodowana znaczną prędkością wiatru, która na początku doby przekraczała

$6 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ oraz niską temperaturą powietrza (około -15°C) i związaną z tym dużą różnicą temperatury pomiędzy skórą a otoczeniem (różnicę tę można nazwać gradientem poziomym temperatury). Głównymi procesami dostosowawczymi organizmu do warunków otoczenia było znaczne obniżenie temperatury skóry oraz zmniejszenie peryferycznego przepływu krwi, co prowadziło do zwiększenia właściwości termoizolacyjnych samej tkanki skórnej. W dniu letnim sytuacja była bardziej złożona niż zimą. W godzinach nocnych obserwowano niewielką przewagę konwekcyjnych strat ciepła nad stratami ewaporacyjnymi. W ciągu dnia miała natomiast miejsce wyraźna dominacja ewaporacyjnych strat ciepła nad konwekcją. Przyczyną tego było znaczne podwyższenie temperatury skóry, co było reakcją na wysoką temperaturę otoczenia oraz intensywne bodźce radiacyjne (porównaj duże wartości R widoczne na rycinie 68). Podwyższenie temperatury skóry skutkowało uaktywnieniem gruczołów potowych, a warunki wilgotnościowe atmosfery pozwalały na odparowanie potu i oddanie w ten sposób do otoczenia istniejącej nadwyżki ciepła (ryc. 69).

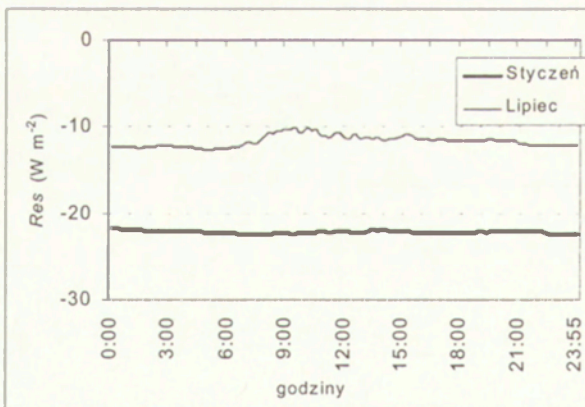
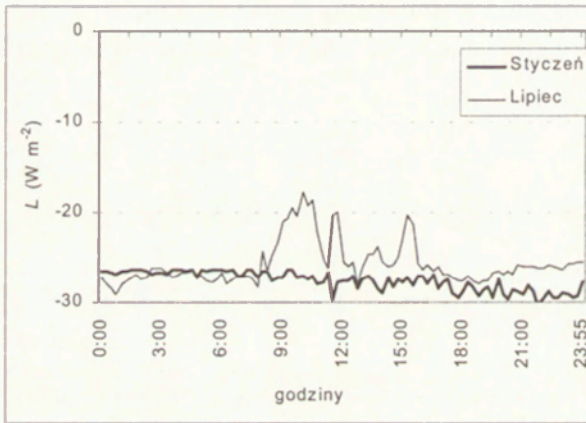


Ryc. 69. Natężenie konwekcyjnych (C) i ewaporacyjnych (E) strat ciepła w wybranych dniach w Warszawie: 1.07.2001, 3.01.2002



Intensity of heat loss by convection (C) and by evaporation (E) during selected days in Warsaw: 1.07.2001, 3.01.2002

Pozostałe strumienie, przy pomocy których ciepło jest odprowadzane z organizmu do otoczenia to wypromieniowanie długofalowe (radiacja) oraz respiracja. Ilość ciepła oddawanego poprzez te strumienie była niewielka i nie odgrywała znaczącej roli w kształtowaniu bilansu cieplnego człowieka. Natężenie radiacyjnych strat ciepła nie przekraczało $-30 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$. Zimą było ono wyrównane przez całą dobę. Pomimo znacznej różnicy temperatury pomiędzy skórą a powietrzem strumień L był niewielki z uwagi na znaczne termizolacyjne właściwości odzieży. Latem, w godzinach przedpołudniowych natężenie strumienia L spadło nawet do około $-20 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$, co było efektem wyraźnego zmniejszenia się poziomego gradientu temperatury. Respiracyjne straty ciepła w dniu letnim wahały się od -12 do $-10 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$, a w dniu zimowym od -24 do $-22 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$ (ryc. 70).



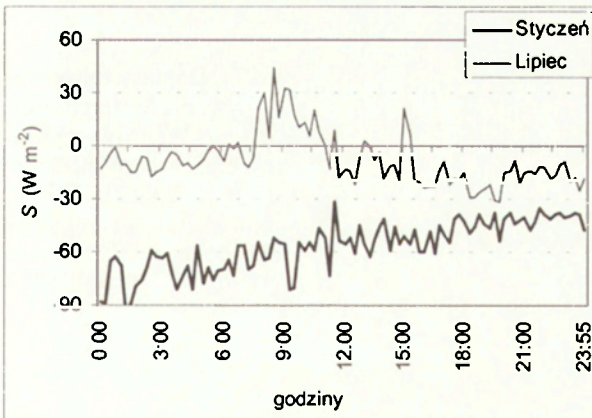
Ryc. 70. Natężenie radiacyjnych (L) i respiracyjnych (Res) strat ciepła w wybranych dniach w Warszawie: 1.07.2001, 3.01.2002

Intensity of heat loss by long-wave radiation (L) and by respiration (Res) during selected days in Warsaw: 1.07.2001, 3.01.2002

6.3.2. SALDO WYMIANY CIEPŁA

Wynikiem przedstawionych wyżej procesów wymiany ciepła pomiędzy człowiekiem a otoczeniem jest saldo wymiany ciepła (S). Wartość S wyznaczona dla momentu pomiaru parametrów meteorologicznych i fizjologicznych wskazuje na występowanie nadwyżki zysków ciepła nad jego stratami (saldo dodatnie) lub na przewagę strat ciepła nad zyskami (saldo ujemne). Przyjmuje się, że znaczący wzrost temperatury wewnętrznej (o 2°C) następuje wtedy, gdy wartość S równa $90 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$ utrzymuje się na niezmiennym poziomie przez około 1 godzinę. Analogiczny spadek temperatury wewnętrznej ma miejsce wtedy gdy saldo wymiany ciepła równe $-90 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$ utrzymuje się także przez 1 godzinę. Tak więc, informacja o aktualnym poziomie salda wymiany ciepła jest bardzo ważna dla takiego zaplanowania czasu pobytu w terenie otwartym i takich form aktywności fizycznej, które nie będą powodować zagrożenia dla zdrowia człowieka podczas zajęć rekreacyjnych lub uprawiania turystyki.

W omawianych wyżej dwóch przykładowych dniach saldo wymiany ciepła tylko sporadycznie przekraczało wartość krytyczną $-90 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$ lub się do niej zbliżało. Ogólnie biorąc, w dniu zimowym, w ciągu całej doby saldo wymiany ciepła miało wartości ujemne. W dniu letnim ujemne wartości S były obserwowane przez większość doby, lecz nie przekraczały $-30 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$. Przed południem obserwowano natomiast niezbyt duże, dodatnie wartości salda wymiany ciepła (ryc. 71). Było to związane z bardzo małym natężeniem konwekcyjnych strat ciepła (por. ryc. 69), wynikających z niewielkiego gradientu poziomego temperatury pomiędzy skórą a powietrzem. W warunkach tych nawet duże ewaporacyjne straty ciepła nie eliminowały w organizmie tej nadwyżki ciepła, która powstała w efekcie procesów metabolicznych oraz pochłoniętego promieniowania słonecznego (ryc. 68).



Ryc. 71. Natężenie salda wymiany ciepła (S) w wybranych dniach w Warszawie: 1.07.2001, 3.01.2002

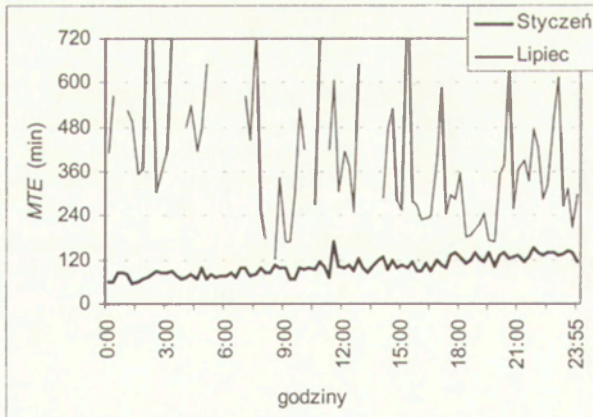
Intensity of neat heat storage (S) during selected days in Warsaw: 1.07.2001, 3.01.2002

6.3.3. DOPUSZCZALNY CZAS PRZEBYWANIA

Wskaźnikiem pochodnym od S jest dopuszczalny czas przebywania (MTE – Maximal Time of Exposure, w min). Określa on czas, po którym – przy stałych warunkach termicznych i stałym poziomie wymiany ciepła pomiędzy organizmem a otoczeniem – nastąpi w ustroju człowieka zmiana zawartości ciepła o 600 kJ. Zmiana taka pociąga za sobą zmianę temperatury wewnętrznej o 2°C, co jest w fizjologii uważane za niebezpieczne dla organizmu. MTE oblicza się według wzoru (Błażejczyk 1993):

$$MTE = 5400 / |S| \quad [6.39]$$

Wskaźnik MTE może być używany w każdych warunkach termicznych otoczenia i pozwala na określenie limitów czasowych bezpiecznego dla człowieka przebywania w terenie otwartym. W wybranych przykładowo dniach: zimowym i letnim, wartości MTE różniły się bardzo od siebie (ryc. 72). W mroźnym dniu styczniowym bezpieczny czas przebywania w terenie otwartym wahał się od 60 do 120 minut. Tak więc, zajęcia rekreacyjne (w tym przypadku spaceru) nie powinny przekraczać 1–2 godzin. W upalnym dniu letnim warunki biotermiczne były o wiele bardziej korzystne dla spacerów z prędkością 4 km/godz niż w dniu zimowym. Czas bezpiecznego uprawiania tej formy rekreacji wahał się średnio od 240 do 480 minut. W pewnych fragmentach doby czas ten był nawet o wiele dłuższy. Wynikało to ze sprawnego oddawania ciepła z organizmu poprzez pocenie się. Należy jednak pamiętać, że wysoka temperatura powietrza oraz związane z tym intensywne pocenie się znacznie obciążają układ krwionośny, powodując wzrost częstotliwości tętna (ryc. 40). Warunki termiczne panujące w wybranym dniu letnim nie powodowały zatem większego niebezpieczeństwa przegrzania organizmu, ale wymuszały ograniczenie aktywności fizycznej (ryc. 41).



Ryc. 72. Dopuszczalny czas przebywania w terenie otwartym (MTE) w wybranych dniach w Warszawie: 1.07.2001, 3.01.2002
Maximal time of exposure (MTE) during selected days in Warsaw: 1.07.2001, 3.01.2002

6.3.4. STRATY WODY

Aby człowiek przebywając w terenie otwartym nie uległ odwodnieniu ważne jest dostarczanie odpowiedniej ilości wody, uzupełniającej jej ubytki, powstałe na skutek pocenia się. Należy przypomnieć, że gruczolę potowe uaktywniane są w warunkach wysokiej temperatury otoczenia i/lub zwiększonej aktywności fizycznej. Straty wody z organizmu (SW , w g/godz) liczy się według wzoru:

$$SW = -2,6 \times E_{pot} \quad [6.40]$$

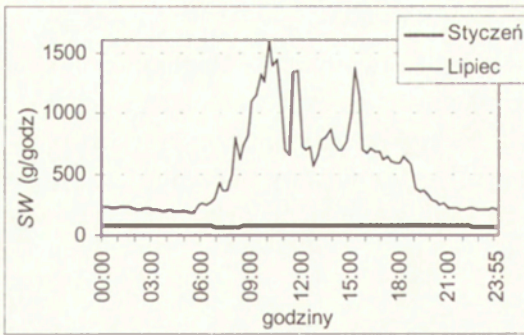
gdzie: E_{pot} jest potencjalną wartością strat ciepła na parowanie w aktualnych warunkach termicznych, radiacyjnych i wietrznych oraz przy danej aktywności fizycznej przy założeniu 5% wilgotności względnej powietrza. E_{pot} liczy się według wzoru:

$$E_{pot} = h_e \cdot \{6,112 \cdot 10^{17,5 \cdot 11(237,7 + t)} \cdot 0,05 - v_{p,sk}\} \cdot w \cdot l_e - [0,42 \cdot (M - 58) - 5,04] \quad [6.41]$$

Wartość SW wskazuje ile wody należy dostarczyć do organizmu, aby uchronić go przed odwodnieniem. Jest on szczególnie przydatny w przypadku aktywnej rekreacji i turystyki pieszej uprawianej w wysokiej temperaturze otoczenia. Stopień narażenia organizmu na odwodnienie jest zależny od stopnia zaaklimatyzowania i stanu aktywności fizycznej człowieka:

	Aktywność fizyczna:	
	$M < 70 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$	$M > 70 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$
Osoba zaaklimatyzowana:		
wartość ostrzegawcza SW	520	780
wartość niebezpieczna SW	780	1040
Osoba niezaaklimatyzowana:		
wartość ostrzegawcza SW	260	520
wartość niebezpieczna SW	390	650

W analizowanym dniu letnim wartość SW przekraczała od rana do wieczora wartość ostrzegawczą dla osób niezaaklimatyzowanych (520 g/godz.). Przez kilka godzin straty wody przekraczały nawet 1040 g/godz., co mówi o warunkach bardzo uciążliwych (niebezpiecznych) nawet dla osób zaaklimatyzowanych. W dniu zimowym straty wody były nieznacznie, wynosząc około 70 gramów w ciągu godziny (ryc. 73).



Ryc. 73. Straty wody z organizmu (SW) w wybranych dniach w Warszawie podczas spacerów z prędkością 4 km/godz: 1.07.2001, 3.01.2002

Water loss (SW) during selected days in Warsaw when waking with the speed of 4 km/h: 1.07.2001, 3.01.2002

6.3.5. WSKAŹNIK STRESU CIEPLNEGO

Wskaźnik stresu cieplnego (HSI – Heat Stress Index, w %) (Belding, 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 (E_{req}) do ewaporacyjnych strat ciepła, maksymalnych w danych warunkach meteorologicznych (E_{max}):

$$HSI = E_{req} / E_{max} \cdot 100 \quad [6.42]$$

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

$$E_{req} = M + Q + C + Res \quad [6.43]$$

Ewaporacja maksymalna (E_{max}), jaka może wystąpić w danych warunkach meteorologicznych, jest natomiast liczona z wzoru:

$$E_{max} = k \cdot v^{0.6} \cdot (vp - 56) \quad [6.44]$$

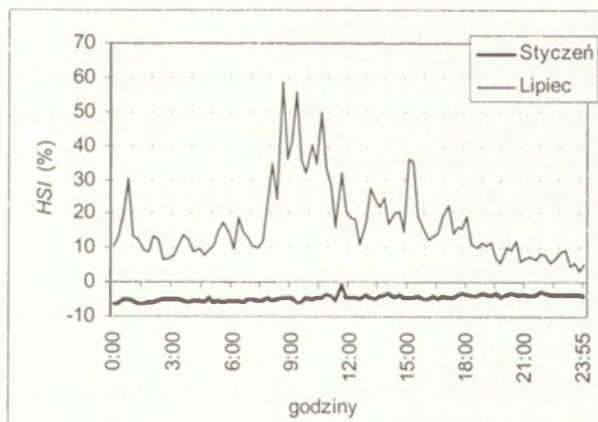
gdzie k jest współczynnikiem bezwymiarowym wynoszącym 7,0 dla człowieka ubranego i 11,7 – dla nieubranego. Za górną granicę ewaporacyjnych strat ciepła przyjmuje się $390 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$, co odpowiada wydzielaniu potu w ilości 1000 gramów (1 litra) na godzinę.

Wzrost wartości HSI wskazuje na narastanie uczucia parności. Ogólnie można przyjąć, że 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).

Poszczególnym wartościom *HSI* są przypisane następujące efekty fizjologiczne (w przypadku ośmiogodzinnej ekspozycji w danych warunkach otoczenia):

<i>HSI</i> (%)	Efekt fizjologiczny:
równe lub niższe od 0	– łagodny stres chłodu,
od 0 do 10	– brak obciążenia termiczno-wilgotnościowego,
więcej od 10 aż do 30	– łagodny lub umiarkowany stres termiczno-wilgotnościowy,
więcej od 30 aż do 70	– silny stres termiczno-wilgotnościowy; zagrożenie dla zdrowia w przypadku braku aklimatyzacji,
więcej od 70 aż do 90	– bardzo silny stres termiczno-wilgotnościowy; niezbędne dostarczanie wody i soli mineralnych,
więcej od 90 aż do 100	– maksymalny stres termiczno-wilgotnościowy, tolerowany przez młode, zaaklimatyzowane osoby
więcej od 100	– niebezpieczeństwo podwyższenia temperatury wewnętrznej; czas przebywania w takich warunkach musi być nadzorowany.

W analizowanym dniu zimowym wartości wskaźnika *HSI* były niższe od 0%, co mówi o występowaniu łagodnego stresu chłodu (ryc. 74). W dniu letnim wartości *HSI* wahały się od około 5% do prawie 60%. Przez większą część doby nie obserwowano uczucia parności (*HSI* poniżej 30%). Warunki uciążliwe dla dzieci oraz osób starszych i niezaaklimatyzowanych (*HSI* od 30 do 70%) występowały jedynie przed południem (od godziny 8 do 11).



Ryc. 74. Wartości wskaźnika stresu cieplnego (*HSI*) w wybranych dniach w Warszawie podczas spacerów z prędkością 4 km/godz: 1.07.2001, 3.01.2002
Heat stress index (*HSI*) during selected days in Warsaw when waking with the speed of 4 km/h: 1.07.2001, 3.01.2002

6.3.6. STRES TERMOFIZJOLOGICZNY

W analizie warunków biotermicznych ważne jest określenie, jakie termoregulacyjne reakcje dostosowawcze organizmu występują w danych warunkach otoczenia. Informacje na ten temat daje nam tzw. wskaźnik stresu termofizjologicznego (*PhS* - Physiological Strain, bez wymiaru). Wskaźnik *PhS* jest stosunkiem strat ciepła z organizmu człowieka poprzez unoszenie (konwekcję) do strat ciepła w wyniku parowania potu (ewaporacji):

$$PhS = C / E \quad [6.45]$$

Wtedy, gdy występuje względna równowaga konwekcyjnych i ewaporacyjnych strat ciepła (*PhS* większe od 0,75 i nie większe od 1,5) nie są uaktywniane reakcje termoregulacyjne organizmu, a stan taki nazywany jest warunkami termoneutralnymi.

Wtedy, gdy przeważają konwekcyjne straty ciepła (*PhS* równe lub wyższe od 1,5) występuje fizjologiczny stres zimna. Przejawia się on następującymi reakcjami organizmu:

- obniżeniem temperatury skóry,
- osłabieniem przepływu krwi w obrębie mięśni i skóry,
- zwiększeniem ciśnienia krwi,
- zwiększeniem właściwości termoizolacyjnych skóry oraz
- drżeniem mięśniowym w warunkach silnego stresu zimna (Blanc 1975; Clark, Edholm 1985; Holmér 1988; ISO/DC 11079).

Ogólnie można stwierdzić, że im wyższa jest wartość *PhS*, tym większe jest nasilenie stresu zimna i tym intensywniejsze są wymienione wyżej dostosowawcze reakcje organizmu do warunków otoczenia.

Stres gorąca występuje wtedy, gdy w wymianie ciepła z otoczeniem dominuje ewaporacja (*PhS* równe lub mniejsze od 0,75). Stan taki prowadzi do:

- zwiększenia przepływu krwi w obrębie skóry,
- zmniejszenia ciśnienia krwi (Clark, Edholm 1985; Kenney 1985; Mitchell 1977),
- zwiększenia tętna (Błażejczyk 2002b; Błażejczyk i in. 1999),
- intensywnego pocenia się, którego skutkiem może być odwodnienie organizmu (Beaumont, Bullard 1965).

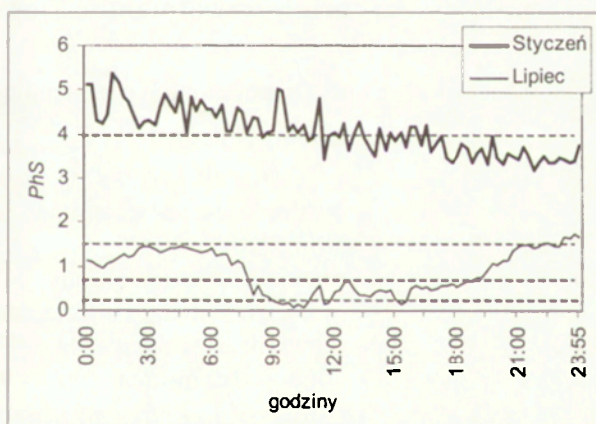
Stres gorąca przejawia się także okresowymi zmianami temperatury skóry, od bardzo wysokiej podczas nagrzewania się suchej skóry do niskiej podczas fazy pocenia się (Błażejczyk 1993, 1998a; Malchaire 1991).

Im mniejsza jest wartość PhS tym większe jest natężenie stresu gorąca, a wymienione wyżej reakcje dostosowawcze organizmu stają się coraz intensywniejsze. Można przyjąć następującą skalę natężenia stresu termofizjologicznego:

PhS	Rodzaj i natężenie stresu:
poniżej 0,25	– duże natężenie stresu gorąca
od 0,25 do 0,75	– znaczne natężenie stresu gorąca
od ponad 0,75 do 1,50	– warunki termoneutralne
od ponad 1,50 do 4,00	– znaczne natężenie stresu zimna
ponad 4,00	– duże natężenie stresu zimna.

Podana wyżej skala nie ma charakteru wartościującego (oceniającego) warunki biotermiczne, a jedynie informuje o tym, z jakimi – i o jakim natężeniu – reakcjami dostosowawczymi organizmu do warunków otoczenia mamy do czynienia w danej sytuacji pogodowej.

Podczas dnia zimowego, przez całą dobę dominował stres zimna, a przez pierwszą połowę doby był to nawet stres zimna o dużym natężeniu. Należało się wtedy liczyć z silnymi reakcjami dostosowawczymi organizmu, aż do wystąpienia drżenia mięśniowego włącznie. W przykładowym dniu letnim wystąpił stres gorąca, który w godzinach przedpołudniowych odznaczał się dużym natężeniem. W godzinach nocnych występowały warunki termoneutralne, o niewielkim oddziaływaniu na układ termoregulacyjny (ryc. 75).



Ryc. 75. Wartości wskaźnika stresu termofizjologicznego (PhS) w wybranych dniach w Warszawie podczas spacerów z prędkością 4 km/godz: 1.07.2001, 3.01.2002

Physiological strain (PhS) during selected days in Warsaw when waking with the speed of 4 km/h: 1.07.2001, 3.01.2002

6.3.7. OBCIĄŻENIE CIEPLNE ORGANIZMU

Podstawową miarą obciążenia cieplnego człowieka przebywającego w terenie otwartym jest wskaźnik obciążenia cieplnego (HL – Heat Load, bez wymiaru). Wskaźnik ten ilustruje obciążenie układu termoregulacyjnego i uwzględnia wpływ salda wymiany ciepła (S), ilości pochłoniętego promieniowania słonecznego (R) oraz ewaporacyjnych strat ciepła (E) na obciążenie cieplne organizmu. Obciążenie to wzrasta wraz ze wzrostem salda wymiany ciepła i ilości pochłoniętego promieniowania słonecznego, a jego natężenie nasila się znacząco, gdy ilość ciepła traconego w wyniku ewaporacji przekracza $50 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$. HL jest wskaźnikiem bezwymiarowym liczonym według następujących wzorów:

– w przypadku, gdy $S < 0 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$ oraz $E \geq -50 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$

$$HL = [(S + 1000) / 1000]^{[S / (1 + R)]} \quad [6.46]$$

– w przypadku, gdy $S \geq 0 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$ oraz $E \geq -50 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$

$$HL = [(S + 1000) / 1000]^{[2 \cdot 1 / (1 + R)]} \quad [6.47]$$

– w przypadku, gdy $S < 0 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$ oraz $E < -50 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$

$$HL = (E / -50) \cdot [(S + 1000) / 1000]^{[S / (1 + R)]} \quad [6.48]$$

– w przypadku, gdy $S \geq 0 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$ oraz $E < -50 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$

$$HL = (E / -50) \cdot [(S + 1000) / 1000]^{[2 \cdot 1 / (1 + R)]} \quad [6.49]$$

gdzie współczynniki liczbowe 1, 5 i 1 000 mają miano $\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$.

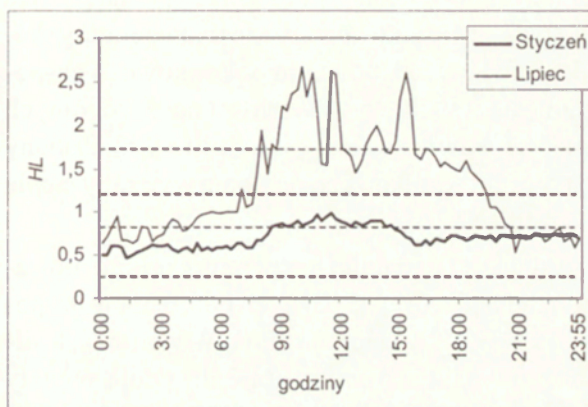
Uwaga! Gdy S jest niższe od $-1000 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$ należy przyjąć wartość S równą $-1000 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$.

Wartości HL wskazują na występowanie obciążeń cieplnych o następującym natężeniu:

HL	Obciążenie cieplne:
0,250 i mniej	– bardzo silne – stres zimna
od ponad 0,250 do 0,820	– silne – stres zimna
od ponad 0,820 do 0,975	– niewielkie – stres chłodu
od ponad 0,975 do 1,025	– minimalne obciążenie cieplne
od ponad 1,025 do 1,180	– niewielkie – stres ciepła
od ponad 1,180 do 1,750	– silne – stres gorąca
ponad 1,750	– bardzo silne – stres gorąca

Wartości HL zawarte w przedziale od 0,82 do 1,18 wskazują na warunki zbliżone do termoneutralnych. Układ termoregulacyjny jest wtedy obciążony w nieznacznym stopniu. W dwóch wybranych dniach warunki takie występowały przez stosunkowo krótki czas. W dniu zimowym niewielkie obciążenie układu termoregulacyjnego występowało pomiędzy godziną 8⁰⁰ a 14³⁰.

W pozostałej części doby obserwowano silne obciążenie układu termoregulacyjnego, związane ze stresem zimna. W dniu letnim obciążenie cieplne zmieniało się od nieznacznego do bardzo silnego, związanego ze stresem gorąca. Mówiąc inaczej, sygnalizowane przez pozostałe wskaźniki i charakterystyki bilansu cieplnego człowieka duże natężenie silnych bodźców biotermicznych znalazło swe potwierdzenie także w wielkości wskaźnika *HL*. Należy również dodać, że w dniu gorącym stosunkowo nieduże wartości salda wymiany ciepła, mówiące o stanie względnej równowagi termicznej, zostały osiągnięte bardzo dużym wysiłkiem układu termoregulacyjnego (ryc. 76).



Ryc. 76. Wartości wskaźnika obciążenia cieplnego (*HL*) w wybranych dniach w Warszawie podczas spacerów z prędkością 4 km/godz: 1.07.2001, 3.01.2002
Heat load (*HL*) during selected days in Warsaw when waking with the speed of 4 km/h: 1.07.2001, 3.01.2002

6.3.8. TEMPERATURA ODCZUWALNA

Pytanie, jakie użytkownicy wyników badań bioklimatycznych stawiają najczęściej, dotyczy tego, jak można ocenić warunki termiczne otoczenia oraz jak są one odczuwane przez człowieka. W rozdziale 4 przedstawiono szereg wskaźników biometeorologicznych pozwalających na dokonanie takiej oceny. Należy jednak przypomnieć, że żaden z nich nie uwzględnia rzeczywistych reakcji termoregulacyjnych człowieka.

Wskaźnikiem odczuć cieplnych opartym na analizie bilansu cieplnego człowieka jest temperatura odczuwalna (*STI* – Subjective Temperature Index, w °C). Odczucia cieplne człowieka powstają w wyniku reakcji receptorów ciepła i zimna na bodźce termiczne, docierające do nich z otoczenia i z wnętrza ciała. W przypadku zimnych warunków otoczenia odczucie ciepła jest kształtowane przez termoreceptory rozmieszczone w skórze. Natomiast w warunkach gorących termoreceptory skórne dają obszar zafałszowany (ich bezpośrednie otoczenie jest silnie ochładzane przez parujący pot).

Organizm człowieka poprzez różnorodne reakcje termoregulacyjne dąży do ustalenia salda wymiany ciepła (S) na poziomie najbliższym zeru. Do otoczenia zimnego organizm dostosowuje się poprzez zmniejszenie skórno przepływu krwi i obniżenie temperatury powierzchni ciała. W wysokiej temperaturze otoczenia podstawowe znaczenie mają procesy wydzielania i parowania potu z powierzchni ciała. Jednym z efektów parowania potu jest obniżenie temperatury skóry. Przyjmuje się za P.O. Fanger'em (1974), że strata – w wyniku parowania – 1 wata ciepła z 1 m² skóry powoduje obniżenie się jej temperatury o 0,066°C. Jako graniczną wartość ewaporacji, wpływającą istotnie na wynikowy poziom wymiany ciepła z otoczeniem, można przyjąć 50 W·m⁻². Obniżona w wyniku parowania potu nowa wartość temperatury skóry (T_{sk}^*) staje się już po kilku minutach od momentu początkowego ekspozycji podstawą ukształtowania się wynikowych wartości poszczególnych strumieni ciepła (ewaporacji – E^* , konwekcji – C^* i radiacji – L^*). Zmiany te prowadzą do ustalenia się nowego, wynikowego poziomu wymiany ciepła pomiędzy człowiekiem a otoczeniem (S^*).

Podstawą wskaźnika STI jest wartość średniej temperatury promieniowania, która odzwierciedla natężenie bodźców termicznych otoczenia w bezpośrednim sąsiedztwie skórnych receptorów ciepła i zimna. W warunkach silnego wydzielania i parowania potu o odczuwaniu gorąca decydują sygnały z termoreceptorów znajdujących się w ośrodkowym układzie nerwowym. Wskaźnik STI uwzględnia działanie obydwu grup termoreceptorów (skórnych i ośrodkowych). Jest on kombinacją wartości Mrt oraz ustalonej w efekcie dynamicznych procesów wymiany ciepła tzw. wynikowej wartości salda wymiany ciepła (S^*) i jest wyrażona w °C:

$$\begin{aligned} & \text{– w przypadku, gdy } S^* < 0 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \\ & STI = Mrt - \left[|S^*|^{0,75} / (5,386 \cdot 10^{-8}) + 273^4 \right]^{0,25} - 273 \end{aligned} \quad [6.50]$$

$$\begin{aligned} & \text{– w przypadku, gdy } S^* \geq 0 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \\ & STI = Mrt + \left[|S^*|^{0,75} / (5,386 \cdot 10^{-8}) + 273^4 \right]^{0,25} - 273 \end{aligned} \quad [6.51]$$

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

Wartość Mrt jest liczona według wzoru [6.37], a wartość S^* w sposób następujący:

$$S^* = M + R + L^* + E^* + C^* + Res \quad [6.52]$$

Do obliczenia strumieni L^* , E^* i C^* stosuje się analogiczne wzory jak do obliczania strumieni E [6.2], C [6.10] i L [6.13], uwzględniając wynikową wartość T_{sk}^* i parametry od niej pochodne (w , $\nu_{p,sk}$). T_{sk}^* określa się następująco:

–jeśli $E < -50 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$

$$T_{sk}^* = T_{sk} + 0,066 \cdot (E + 50) \quad [6.53]$$

–jeśli $E \geq -50 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$

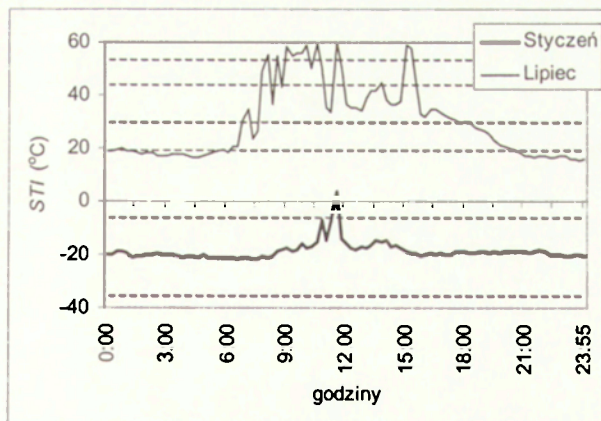
$$T_{sk}^* = T_{sk} \quad [6.54]$$

Jeżeli stosując wzór [6.52] uzyskano wartość mniejszą od 22°C należy przyjąć do dalszych obliczeń T_{sk}^* równe 22°C .

Poszczególным wartościom STI są przypisane następujące odczucia ciepłne:

STI ($^\circ\text{C}$)	Subiektywne odczucie ciepłne:
poniżej -38,0	– bardzo zimno
od -38,0 do -0,5	– zimno
od więcej niż -0,5 do 22,5	– chłodno
od więcej niż 22,5 do 32,0	– komfortowo
od więcej niż 32,0 do 46,0	– ciepło
od więcej niż 46,0 do 55,0	– gorąco
od więcej niż 55,0 do 70,0	– bardzo gorąco
więcej niż 70,0	– upalnie.

W wybranym dniu zimowym warunki biotermiczne przez okres całej doby charakteryzowały się odczuciem ciepłnym „zimno”. Jedynie około południa, gdy do człowieka docierało bezpośrednie promieniowanie słoneczne wartość STI wyraźnie wzrosła i przez krótki czas wystąpiło odczucie „chłodno”. W dniu letnim temperatura odczuwalna zmieniała się w zakresie od 17 do 60°C . W godzinach nocnych wartości STI wskazywały na odczucie ciepłne „chłodno”. W ciągu dnia, podczas dopływu bezpośredniego promieniowania słonecznego oraz wysokiej temperatury powietrza dominowało odczucie ciepłne „gorąco”, a nawet „bardzo gorąco”. Odczucie „komfortowo” wystąpiło tylko przez krótki czas, w godzinach porannych i popołudniowych (ryc. 77).



Ryc. 77. Wartości temperatury odczuwalnej (STI) i odczucia ciepłne człowieka w wybranych dniach w Warszawie: 1.07.2001, 3.01.2002

Subjective temperature (STI) and thermal sensations in man during selected days in Warsaw: 1.07.2001, 3.01.2002

Jak widać z zaprezentowanego wyżej przeglądu, metody oceny warunków biotermicznych, oparte na analizie bilansu cieplnego człowieka, są bardzo przydatne do oceny różnych sytuacji pogodowych z punktu widzenia ich oddziaływania na organizm człowieka. Poszczególne charakterystyki i wskaźniki dają nam pełną informację o funkcjonowaniu organizmu podczas różnych form aktywności. Podane przykłady dotyczyły tylko jednej kombinacji parametrów fizjologicznych. Model MENEX_2002 i powiązany z nim program BioKlima©2.2, pozwalają na przyjęcie dowolnych cech fizjologicznych (aktywności fizycznej, odzieży, wieku) oraz na określenie indywidualnych charakterystyk bilansu cieplnego człowieka.

Podobnie, jak było w przypadku tradycyjnych wskaźników biometeorologicznych, do oceny warunków bioklimatycznych danego miejsca lub sezonu należy się posługiwać wieloletnimi ciągami obserwacji meteorologicznych. Obliczone na ich podstawie wskaźniki biotermiczne należy rozpatrywać z punktu widzenia częstości pojawiania się ich wartości o różnych cechach i sposobie oddziaływania na organizm człowieka.

7. BIOTERMICZNO-METEOROLOGICZNA KLASYFIKACJA POGODY

Jednym ze sposobów opisu oraz oceny warunków klimatycznych i bioklimatycznych jest analiza całego zespołu elementów meteorologicznych, składających się na aktualne warunki pogodowe. C.R. de Freitas (2001, 2003) podkreśla, że ocena warunków pogodowych, dokonywana z punktu widzenia rekreacji i turystyki, 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, pokrywą 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'a, 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 klasyfikacji pogody powstały w 2001 r. (Błażejczyk 2001b). Po raz pierwszy nowa, biotermiczno-meteorologiczna klasyfikacja pogody została wykorzystana w badaniach warunków bioklimatycznych Aglomeracji Warszawskiej (Błażejczyk 2002a). Aktualna wersja biotermiczno-meteorologicznej klasyfikacji pogody, przedstawiona w obecnym opracowaniu, różni się nieznacznie od wersji poprzedniej (z roku 2002). Uwzględniono w niej wyniki najnowszych badań dotyczących warunków biotermicznych (Błażejczyk 2003).

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. 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 ważne z punktu widzenia rekreacji i turystyki 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 przynieść 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. Wskaźniki służące ocenie warunków biotermicznych zostały omówione w rozdziale 6.

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 samą możliwość oraz efektywność rekreacji 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 (tab. 15).

Tabela 15. Schemat zapisu cyfrowego biotermiczno-meteorologicznej klasyfikacji pogody

Znak zapisu cyfrowego	Uwzględnione charakterystyki pogody													
	Typ pogody		Podtyp pogody						Klasa pogody					
	dominujące odczucia cieplne		bodźce radiacyjne		stres fizjologiczny		intensywność pamości		dobowe kontrasty termiczne		opad atmosferyczny		pokrywa śnieżna	
	symbol	opis	symbol	opis	symbol	opis	symbol	opis	symbol	opis	symbol	opis	symbol	opis
1	-3 -2 -1 0 1 2 3	bardzo zimna zimna chłodna komfortowa ciepła gorąca bardzo gorąca												
2			1 2 3	słabe umiarkowane silne										
3					C H	zimna gorąca								
4							0 1 2	brak umiarkowana duża						
5									0 1	małe duże				
6											0 1	bez opadu z opadem		
7													0 1	bez śniegu ze śniegiem

7.1. TYPY POGODY

Podstawową miarą warunków pogodowych są subiektywne odczucia ciepłe człowieka, związane z przebywaniem w konkretnych warunkach otoczenia. Do oceny odczuć ciepłych 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.

7.2. 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 panności. Każdej z tych charakterystyk pogody przypisano odpowiednio: drugi, trzeci i czwarty znak zapisu cyfrowego.

Bardzo ważnym elementem pogody jest promieniowanie słoneczne (Błażejczyk 1997, 1998a; 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' , por. wzór [6.38]). Przyjęto następujące przedziały R' :

Drugi znak zapisu:	R' ($W \cdot m^{-2}$)	Bodźce radiacyjne:
1	poniżej 75	– słabe
2	od 75 do 150	– umiarkowane
3	ponad 150	– silne.

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:

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

Charakterystyka fizjologicznych reakcji organizmu związanych z występowaniem stresu zimna lub stresu gorąca została omówiona w rozdziale 6.3.6.

Czwarty znak zapisu cyfrowego oznacza natężenie uczucia parności, związanego z aktualnymi warunkami termiczno-wilgotnościowymi. Posłużono się w tym celu wartościami wskaźnika *HSI* (por. rozdział 6.3.5):

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

Tak więc, w każdym typie pogody może potencjalnie wystąpić 27 jej podtypów (tab. 16). 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 16. 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
ślabe	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

7.3. KLASY POGODY

Kolejnym poziomem klasyfikacji pogody są jej klasy. Poza wymienionymi wyżej charakterystykami biotermicznymi na możliwość i efektywność rekreacji i turystyki 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	<i>dt</i> (°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	<i>RR</i> (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	<i>SC</i> (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. 17).

Tabela 17. Klasy pogody występujące w każdym z podtypów pogody i ich cyfrowy zapis

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 sytuacji, gdy nie dysponujemy pełnymi informacjami meteorologicznymi, do określenia biotermicznych cech pogody można wykorzystać uproszczone procedury obliczeniowe wskaźników *STI*, *PhS* i *HSI*. Niezbędne są do tego dane dotyczące temperatury powietrza, prędkości wiatru i wielkości zachmurzenia. 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.

7.4. OCENA PRZYDATNOŚCI POGODY DO RÓŻNYCH FORM REKREACJI

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 poszczególnych form rekreacji i turystyki. Większość osób kieruje się w tym względzie przyzwyczajeniami lub po prostu intuicją. Niestety, obydwie 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 podczas rekreacji do powstania zakłóceń w pracy układu termoregulacyjnego, które w skrajnych przypadkach mogą się skończyć – i niestety niekiedy się kończą – niebezpiecznymi dla zdrowia stanami przechłodzenia lub przegrzania organizmu, a nawet wychłodzeniem lub udarami cieplnymi i słonecznymi.

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

- 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 grupowania różnych sytuacji pogodowych z uwagi na ich przydatność do rekreacji i turystyki w terenie otwartym zamieszczono w załączniku I. W propozycji tej założono, że oceniane rodzaje rekreacji i turystyki odbywają się jedynie w środkowej części dnia, a więc nie uwzględniają dobowych kontrastów temperatury. W tabeli zamieszczono tylko te sytuacje pogodowe, które mogą wystąpić na obszarze Polski. W przypadku innych, niż podane w tabeli 18, rodzajów wypoczynku należy dokonać interpretacji warunków pogodowych z konkretnego punktu widzenia. Pomimo pewnych ograniczeń można przyjąć, że przedstawiona propozycja oceny warunków pogodowych może być stosowana w większości badań związanych z wpływem warunków klimatycznych na możliwości rekreacji i turystyki.

Oceny stopnia przydatności pogody należy dokonać oddzielnie dla każdej z wyróżnionych form aktywności człowieka w aktualnych warunkach 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}

poniżej 0,5

od 0,5 do mniej niż 1,2

od 1,2 do mniej niż 2,0

od 2,0

Przydatność pogody w badanym okresie do poszczególnych form aktywności człowieka (SB, AB, MR, AR, ST):

– pogoda niekorzystna,

– pogoda umiarkowanie korzystna,

– pogoda korzystna,

– 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, tzn. kąpieli słonecznych (SB), kąpieli powietrznych (AB), łagodnej rekreacji ruchowej (MR), intensywnej rekreacji ruchowej (AR) i turystyki narciarskiej (ST):

$$WEI_{tot} = WEI_{avg(SB)} + WEI_{avg(AB)} + WEI_{avg(MR)} + WEI_{avg(AR)} + WEI_{avg(ST)} \quad [7.1]$$

Do ogólnej oceny przydatności warunków bioklimatycznych do rekreacji i turystyki zastosowano następującą skalę:

WEI_{tot}

poniżej 3,5

od 3,5 do mniej niż 5,0

od 5,0 do mniej niż 6,5

od 6,5 do mniej niż 8,0

od 8,0

Ogólna ocena warunków pogodowych:

– warunki niekorzystne

– warunki umiarkowanie korzystne

– warunki korzystne

– warunki bardzo korzystne

– warunki wybitnie korzystne.

Analiza sumarycznego wskaźnika oceny warunków pogodowych pozwala na wyodrębnienie okresów o różnej przydatności do uprawiania rekreacji w terenie otwartym oraz do turystyki.

7.5. PRZYKŁAD ZASTOSOWANIA BIOTERMICZNO-METEOROLOGICZNEJ KLASYFIKACJI POGODY DO OCENY WARUNKÓW REKREACJI W WARSZAWIE

Tytułem przykładu scharakteryzowane zostaną warunki pogodowe Aglomeracji Warszawskiej z punktu widzenia ich przydatności do rekreacji i turystyki.

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 2002a). Pogodę w Warszawie scharakteryzowano na tle zalegających w tym samym czasie mas powietrza.

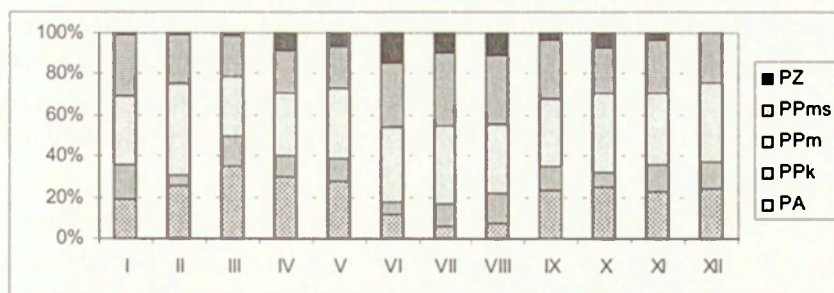
W badanym okresie pojawiało się w Warszawie 95 różnych klas pogody. Najczęściej (około 25% dni w roku) występowała pogoda chłodna, z umiarkowanymi lub słabymi bodźcami radiacyjnymi, podczas której panował termofizjologiczny stres zimna, brak było uczucia parności, dobowe różnice temperatury były niewielkie, 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. 18).

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 78.

Tabela 18. 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	skumulowana	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
0	2C0	110	1,5	76,7	0,31	-	0,99	0,24	-
1	2H0	110	1,4	78,1	-	0,10	0,58	0,65	0,07
-1	1C0	100	1,4	79,4	0,31	0,21	0,51	0,34	-
1	2H0	010	1,2	80,6	-	0,07	0,58	0,38	0,14
1	2C0	100	1,1	81,7	0,21	0,07	0,45	0,38	-

W tabeli zamieszczono tylko te sytuacje pogodowe, których częstość w badanym okresie wynosiła ponad 1%.



Ryc. 78. Częstość występowania mas powietrza w Warszawie w latach 1991–2001; PZ – powietrze zwrotnikowe, PPms – powietrze polarno-morskie stare, PPm – powietrze polarno-morskie, PPk – powietrze polarno-kontynentalne, PA – powietrze arktyczne
 Frequency of air masses in Warsaw, 1991–2001: PZ – subtropical, PPms – polar-maritime, transformed, PPm – polar-maritime, PPk – polar-continental, PA – arctic

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).

W poszczególnych porach roku pogoda odznacza się odmiennymi cechami. Zimą (XII–II) najczęściej pojawia się pogoda chłodna (27% dni) ze słabymi bodźcami radiacyjnymi, charakteryzująca się występowaniem fizjologicznego stresu zimna, bez opadu i pokrywy śnieżnej (-1_1C0_000) lub pogoda różniąca się od niej występowaniem opadów atmosferycznych (-1_1C0_010 - 15%). Te dwa rodzaje pogody stanowią łącznie ponad 43% wszystkich przypadków i najczęściej pojawiają się w masach powietrza polarno-morskiego i polarno-morskiego starego (tab. 19).

Wiosną (III–V) z podobną częstością (około 12%) występuje pogoda o komfortowych warunkach biotermicznych i umiarkowanych bodźcach radiacyjnych, odznaczająca się fizjologicznym stresem zimna oraz dużymi dobowymi kontrastami termicznymi (0_2C0_100) oraz pogoda chłodna, o umiarkowanych bodźcach radiacyjnych, charakteryzująca się fizjologicznym stresem zimna oraz opadami (-1_2C0_010). Te rodzaje pogody obserwuje się głównie podczas zalegania mas powietrza arktycznego i polarno-morskiego.

Latem (VI–VIII), przez ponad 20% dni, panuje pogoda ciepła, z umiarkowanymi bodźcami radiacyjnymi, z dominacją termofizjologicznego stresu gorąca, umiarkowanym odczuciem parności i dużymi dobowymi kontrastami termicznymi (1_2H1_100), a przez około 11% dni podobny typ pogody, ale nie wiążący się z odczuciem parności (1_2H0_100). Pierwszy z rodzajów pogody wiąże się głównie z masami PPms, PPK i PPM, natomiast drugi – z masami PPms i PPM. Latem, ze stosunkowo częstą masą powietrza zwrotnikowego, zazwyczaj wiąże się pogoda oznaczona jako 2_2H1_100 i 2_2H2_100, a więc gorąca, z umiarkowanymi bodźcami radiacyjnymi, dominacją stresu gorąca, umiarkowanym i silnym odczuciem parności oraz dużymi dobowymi kontrastami temperatury powietrza.

Jesienią (IX–XI) następuje zwiększenie częstości pogody chłodnej (typ – 1_2C0_000) lub komfortowej, z umiarkowanymi bodźcami radiacyjnymi i dominacją stresu zimna. Dodatkowymi cechami tej pogody są duże dobowe kontrasty termiczne (0_2C0_100 i -1_2C0_100) lub opady atmosferyczne (-1_2C0_010). Typy te związane są najczęściej z masami PA i PPM, a niekiedy także PPms.

Tabela 19. Częstość (%) dominujących w poszczególnych porach roku sytuacji pogodowych w różnych masach powietrza, Warszawa-Okęcie, 1994–2001

Pogoda		Masa powietrza								Pogoda		Masa powietrza							
		Zima										Wiosna							
Typ	Podtyp	Klasa	PA	PPk	PPm	PPms	PZ	razem		Typ	Podtyp	Klasa	PA	PPk	PPm	PPms	PZ	razem	
-1	1C0	000	3,4	3,0	10,1	10,2	0,1	26,8		0	2C0	100	3,7	1,9	4,7	2,1	-	12,3	
-1	1C0	010	2,2	0,4	8,4	4,1	0,3	15,3		-1	2C0	010	6,0	0,1	4,3	1,1	0,1	11,7	
-2	1C0	000	4,9	4,9	0,7	2,0	-	12,5		-1	2C0	100	5,8	-	3,1	0,4	-	9,4	
-1	2C0	000	3,9	0,1	3,9	3,5	0,1	11,6		-1	2C0	000	5,3	-	1,9	0,1	-	7,3	
-1	2C0	010	1,6	-	6,4	2,0	-	10,0		0	2C0	010	2,0	-	1,5	1,4	0,1	5,0	
-1	2C0	100	1,0	-	2,6	0,7	0,3	4,7		1	3H1	100	0,3	0,7	2,0	0,4	1,5	4,9	
-1	1C0	100	1,1	0,7	1,5	1,4	-	4,6		1	3H0	100	0,8	1,1	1,4	0,9	0,3	4,5	
		Lato										Jesień							
Typ	Podtyp	Klasa	PA	PPk	PPm	PPms	PZ	Razem		Typ	Podtyp	Klasa	PA	PPk	PPm	PPms	PZ	razem	
1	2H1	100	1,9	5,1	4,7	8,5	1,5	21,8		-1	2C0	000	7,0	0,8	5,6	3,3	0,4	17,2	
1	2H0	100	1,1	0,4	3,4	5,6	-	10,4		0	2C0	100	3,9	1,8	4,8	3,3	0,7	14,4	
2	2H1	100	0,1	1,5	1,4	1,6	2,3	6,9		-1	2C0	010	3,8	0,4	6,2	2,9	0,3	13,5	
1	2H1	110	0,4	0,4	1,8	2,8	1,1	6,5		-1	2C0	100	4,1	1,5	3,0	1,7	0,6	10,8	
1	3H1	100	0,3	-	1,4	3,3	0,6	5,5		-1	1C0	000	1,8	0,4	2,1	2,9	0,1	7,3	
1	2H0	010	-	0,3	2,2	1,4	0,5	4,3		0	2C0	000	1,5	0,1	2,3	1,6	0,5	6,2	
1	3H0	100	0,4	0,1	1,1	2,6	-	4,2		0	2C0	010	0,7	-	2,6	1,7	-	5,0	
										1	2H0	100	0,4	0,8	1,0	1,3	1,5	5,0	

Tabela 20. 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
Typ pogody:													
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
Podtyp pogody													
Bodźce radiacyjne:													
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
Stres termofizjologiczny:													
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
termoneutralnie			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
Intensywność pamości:													
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
Klasa pogody													
Dobowe kontrasty termiczne:													
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
Opad atmosferyczny:													
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

Podsumowując 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 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 ciepłej połowie roku dużych dobowych kontrastów termicznych. Świadczy to o dużej dobowej zmienności warunków odczuwalnych, a więc także odczuć ciepłych i stresu termofizjologicznego (tab. 20).

Przedstawiona wyżej analiza podkreśla wyraźną sezonowość warunków pogodowych w Warszawie. Należy podkreślić, że punktu widzenia rekreacji i turystyki szczególnie wyróżnia się pogoda w okresie wiosennym i jesiennym, kiedy to dość często występuje pogoda o komfortowych warunkach biotermicznych bez niekorzystnych dla przebywania w terenie otwartym zjawisk meteorologicznych. Latem pogoda cechuje się zwiększoną uciążliwością biotermiczną, co nie pozwala na pełne korzystanie ze wszystkich form rekreacji i turystyki.

7.5.1. 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. 21). 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 21, mogą być ważną wskazówką w planowaniu zajęć rekreacyjnych na otwartym powietrzu.

Tabela 21. 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									
	STI	R'	PhS	HSI	dt	RR	SC		STI	R'	PhS	HSI	dt	RR	SC		STI	R'	PhS	HSI	dt	RR	SC		STI	R'	PhS	HSI	dt	RR	SC	
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	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	0/1	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	0/1	1/0	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	0/1	1/0	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	0/1	1/0	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	0/1	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	7	-1	2	C	0	0/1	0/1	0/1	0/1	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	0/1	0	8	-1	2	C	0	1/0	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	0/1	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	10	-1/0	2	C	0	0/1	0/1	0/1	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	0/1	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	0/1	0/1	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	0/1	0/1	0/1	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	0/1	0/1	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	0/1	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	0/1	0/1	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	0/1	0/1	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	0/1	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	0/1	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	0/1	0/1	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	0/1	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	0/1	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	0/1	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	0/1	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	0/1	0/1	0/1	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	0/1	0/1	1/0	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	0/1	0/1	1/0	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	0/1	0/1	1/0	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	0/1	0/1	1/0	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	0/1	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	0	1	0	0	31	-1/0	2	C	0	1	0	0

tab. 21 (c.d.)

Kwiecień								Maj								Czerwiec								
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	0/-1	2	C	0	1/0	0/1	0	1	1/0	3/2	C/T	0/1	1	0/1	0	1	1/0	2/3	T/H	0/1	1/0	0/1	0	
2	0/-1	2	C	0	1/0	0/1	0	2	0	3/2	C/T	0	1	0/1	0	2	1	2/3	T	0/1	1/0	0/1	0	
3	0/-1	2	C	0	1/0	1/0	0	3	0/1	3/2	C/T	0	1	0	0	3	1/0	2/3	C/H	0/1	1/0	1/0	0	
4	0/-1	2	C/T	0	1/0	0/1	0	4	1/0	2/3	T/C	0	1	0	0	4	1	2/3	T/H	0/1	1	0.5	0	
5	-1/0	2	C	0	1/0	0	0	5	1/0	2/3	T/C	0/1	1	0	0	5	1	2/3	T	0/1	1	0/1	0	
6	-1/0	2	C	0	1/0	0/1	0	6	1/0	2/3	T/C	0/1	1	0/1	0	6	1	3/2	T/H	1/0	1/0	0/1	0	
7	-1/0	2	C	0	1/0	0/1	0	7	1/0	3/2	T/C	0	1/0	0/1	0	7	1/2	3/2	T/H	1/0	1	0	0	
8	-1/0	2	C	0	1/0	0/1	0	8	1/0	3/2	T	0	1	0	0	8	1/2	2/3	H/T	1/0	1	0	0	
9	-1/0	2	C	0	1/0	0/1	0	9	1/0	2/3	T	0/1	1/0	0/1	0	9	1/2	2/3	H	1	1	0/1	0	
10	-1/0	2	C	0	1/0	0	0	10	1	2/3	T	0/1	1/0	0	0	10	1	2/3	T/H	0/1	1/0	0	0	
11	-1/0	2	C	0	1/0	1/0	0	11	1/0	3/2	T/C	0/1	1	1/0	0	11	1/2	2/3	H/T	1/0	1	0/1	0	
12	-1/0	2	C	0	0/1	1/0	0	12	1/0	2/3	T/H	0/1	1	0/1	0	12	1/2	2/3	H	1/0	1/0	1/0	0	
13	-1/0	2	C	0	1/0	1/0	0	13	1/0	2/3	T/C	0/1	1	0/1	0	13	1	2/3	C/H	0/1	1/0	0/1	0	
14	-1/0	2	C	0	1/0	1	0	14	1/0	2/3	T/C	0/1	1/0	0/1	0	14	1	2/3	T/C	0/1	1/0	0/1	0	
15	0/-1	2	C	0	1/0	0/1	0	15	1/0	2/3	T/C	1/0	1	0/1	0	15	1	2/3	T/C	0/1	1/0	1/0	0	
16	0/-1	2/3	C	0	0/1	0	0	16	1/0	2/3	C/T	0/1	1/0	1/0	0	16	1/0	2/3	T/C	0	1/0	0/1	0	
17	0	2	C	0	1/0	0/1	0	17	1	2/3	T	0/1	1	0	0	17	1/0	2/3	T	0	1/0	1/0	0	
18	0/-1	2/3	C/T	0	1	0/1	0	18	1	2/3	T	1/0	1	1/0	0	18	1	3/2	T	0	1/0	0/1	0	
19	0	3/2	C	0	1/0	0/1	0	19	1/0	2	T/C	0/1	1/0	1/0	0	19	1	2/3	C/T	0	1/0	0/1	0	
20	0	2	C	0	1/0	0/1	0	20	1/0	2/3	T	0	1/0	1/0	0	20	1	3/2	T	0/1	1/0	0	0	
21	0	2/3	C	0/1	1/0	0/1	0	21	0/1	2/3	C	0	0/1	1/0	0	21	1	3/2	T	1/0	1	0/1	0	
22	0/1	2	C/H	0/1	1/0	0/1	0	22	1/0	2/3	C	0	1/0	0/1	0	22	1	2/3	C/T	0/1	1/0	1/0	0	
23	0/1	2/3	T/C	0/1	1	0	0	23	1/0	3/2	C	0	1/0	0/1	0	23	1/0	2/3	C	0	0	1/0	0	
24	1/0	2/3	C/T	0/1	1	0	0	24	1/0	2/3	C/T	0	1/0	0/1	0	24	1/0	2	C	0	0/1	1/0	0	
25	1/0	2/3	T/C	0	0/1	0/1	0	25	1	2/3	C/T	0	1	0	0	25	1	3/2	T	0/1	1/0	0/1	0	
26	1/0	2/3	T/C	0	1	0/1	0	26	1/0	2/3	T	0	1	0/1	0	26	1	3/2	T	0/1	1/0	0	0	
27	0/1	2/3	C	0	1/0	1/0	0	27	1	2/3	T	0/1	1	0/1	0	27	1	2/3	H/T	1/0	1/0	0/1	0	
28	1/0	2/3	T	0	1	0/1	0	28	1	2/3	H/C	0/1	1/0	1/0	0	28	1/2	2/3	H	1	1/0	0/1	0	
29	1/0	3/2	T/C	0	1/0	0	0	29	1	2/3	C/H	0/1	1	1/0	0	29	1/2	2/3	H	1	1	0	0	
30	1/0	3/2	T/C	0/1	1	0	0	30	1/0	2/3	C/H	0/1	1/0	1/0	0	30	1	2/3	H/T	1	1/0	0/1	0	
								31	1	2/3	C/T	0/1	1/0	1/0	0									

tab. 21 (c.d.)

Lipiec									Sierpień									Wrzesień								
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	1	2/3	T/H	1/0	1	0	0	1	1/2	2/3	H/T	1/0	1/0	0/1	0	1	1/0	2	T	0	1/0	1/0	0			
2	1	2/3	T	0/1	1/0	1/0	0	2	1/2	2/3	H	1	1	0/1	0	2	1/0	2	C/T	0/1	0/1	1/0	0			
3	1	2/3	H/T	1/0	1	0/1	0	3	1	2	H/T	1/0	1/0	0/1	0	3	1/0	2	T	0/1	1	0	0			
4	1	2/3	H	1	1	0/1	0	4	1	2	H/T	1/0	1/0	1/0	0	4	1/0	2	T	0	1/0	1/0	0			
5	1/2	2	H/T	1	1/0	0/1	0	5	1	2	T	1/0	1/0	0/1	0	5	1/0	2	C	0/1	1/0	1/0	0			
6	1/2	2	T/H	1/0	1/0	0/1	0	6	1	2/3	T	1/0	1/0	0/1	0	6	0/1	2	C	0/1	1/0	1/0	0			
7	1/2	2/3	H/T	0/1	1/0	0/1	0	7	1/2	2	H/T	1	1	0/1	0	7	1/0	2	C/T	0	1/0	1/0	0			
8	1	2/3	C/H	0/1	1/0	1/0	0	8	1	2/3	T	1/0	1/0	0/1	0	8	1/0	2	C/T	0/1	1/0	0	0			
9	1	2/3	C/T	0/1	0/1	1/0	0	9	1	2	T/H	0/1	1	0/1	0	9	1/0	2	C/T	0/1	1/0	1/0	0			
10	1	2	T	1/0	1	0/1	0	10	1	2	H/T	1/0	1	0/1	0	10	0/1	2	C	0/1	0/1	1/0	0			
11	1/2	2/3	H/T	1/0	1	0/1	0	11	1	2	T	1/0	1	0	0	11	0/1	2	C	0	1/0	1/0	0			
12	1	2/3	H/T	0/1	1/0	0/1	0	12	1	2	H/T	1/0	1	0/1	0	12	1/0	2	T	0/1	1/0	0	0			
13	1/2	2/3	H/T	1/0	1	0/1	0	13	1	2	T/H	1/0	1	0	0	13	1/0	2	T	0/1	1	1/0	0			
14	1/2	2/3	H	1/0	1	0/1	0	14	1	2	T/H	0/1	1/0	1/0	0	14	0/1	2	C	0/1	1/0	1/0	0			
15	1/2	2/3	T	0/1	1	0/1	0	15	1	2	T	0/1	1/0	1/0	0	15	0	2	C/T	0/1	1/0	1/0	0			
16	1	2	T	1/0	1/0	0/1	0	16	1	2/3	T	1/0	1	0	0	16	0	2	C	0	1/0	1/0	0			
17	1/2	2	T	1/0	1/0	1/0	0	17	1	2	H/T	1/0	1	0/1	0	17	0	2	C	0	1/0	1/0	0			
18	1	2/3	T	0/1	1/0	1/0	0	18	1	2	H	1/0	1	0/1	0	18	0/-1	2	C/T	0	1/0	1/0	0			
19	1	2/3	C/T	0/1	1/0	1/0	0	19	1/2	2	H	1	1	0/1	0	19	0/-1	2	C/T	0	1/0	1/0	0			
20	1	2/3	H/C	1/0	1/0	0/1	0	20	1	2	H/T	1	1	0	0	20	0	2	C	0	1/0	1/0	0			
21	2/1	2/3	H/T	1/0	1/0	0/1	0	21	1/2	2	H	1/0	1	0	0	21	0	2	C	0	1/0	1/0	0			
22	1/2	2	H/T	1	1	0	0	22	1	2	T/H	1/0	1/0	0/1	0	22	0	2	C	0	1/0	0	0			
23	1	2	T	0/1	1/0	0/1	0	23	1	2	T/H	0/1	1	0/1	0	23	0	2	C	0	1/0	0	0			
24	1	2	T	1/0	1	0/1	0	24	1	2	T/H	1/0	1	0	0	24	0	2	C/T	0	1/0	1/0	0			
25	1	2	H/T	1	1/0	0/1	0	25	1/0	2	H	1/0	1/0	0/1	0	25	0	2	C/T	0	1/0	0	0			
26	1/2	2	H	1	1	0/1	0	26	1	2	T	0/1	1/0	0/1	0	26	0	2	C/T	0	1/0	0	0			
27	1	2	T	1	1/0	0/1	0	27	1	2	T	0/1	1/0	0/1	0	27	0	2	C	0	1/0	1/0	0			
28	1/2	2	H/T	1	1	0	0	28	1/0	2	C/T	0/1	1/0	1/0	0	28	0	2	C	0	1/0	1/0	0			
29	2/1	2	H	1	1/0	0/1	0	29	1/0	2	T	0/1	1/0	1/0	0	29	0	2	C	0	1/0	0	0			
30	2/1	2/3	H/T	1	1	0	0	30	1/0	2	T	0	1/0	0/1	0	30	-1/0	2	C	0	0	1/0	0			
31	1/2	2/3	H/T	1/0	1/0	0	0	31	1/0	2	T	0/1	1/0	0/1	0											

tab. 21 (c.d.)

Październik								Listopad								Grudzień							
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	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	

dz. – dzień

7.5.2. 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. Powstały dzięki temu kalendarze przydatności warunków pogodowych do różnych form rekreacji i turystyki (por. rozdz. 7.4).

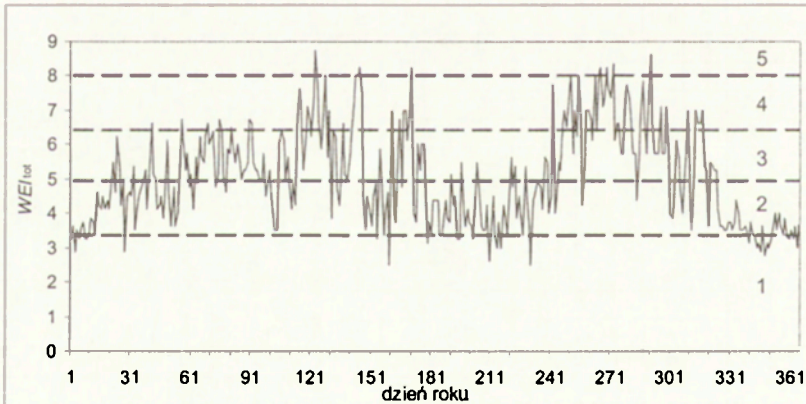
Poza średnimi wskaźnikami oceny warunków pogodowych (WEI_{avg}) dla każdej z form aktywności człowieka obliczono także sumaryczny wskaźnik oceny (WEI_{tot}) (ryc. 79). Analiza wartości tego wskaźnika pozwoliła na wyodrębnienie okresów o różnej przydatności do rekreacji i turystyki w aglomeracji warszawskiej.

– 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.



Ryc. 79. 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
Frequency of total weather evaluation index (WEI_{tot}), Warszawa-Okęcie, 1994–2001; horizontal lines shows classes of evaluation: 1 – unfavourable, 2 – moderately favourable, 3 – favourable, 4 – very favourable, 5 – excellent

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

Ciekawe są wyniki analizy przydatności warunków pogodowych do rekreacji i turystyki w różnych masach powietrza. W zależności od pory roku, poszczególne masy powietrza charakteryzują się różnym stopniem przydatności pogody. Zimą, najwyższymi wskaźnikami oceny WEI_{wg} – w odniesieniu do łagodnej rekreacji ruchowej – odznacza się pogoda kształtowana przez masę powietrza zwrotnikowego, a w odniesieniu do aktywnych form rekreacji – pogoda występująca podczas zalegania powietrza polarno-kontynentalnego. Ta też masa powietrza odznacza się najwyższym wskaźnikiem oceny sumarycznej (tab. 22).

Wiosną, z kąpeli słonecznych można korzystać podczas pogody związanej z masami PZ i PPK, a z kąpeli 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. 22).

Tabela 22. Wartości sumarycznego wskaźnika oceny pogody (WEI_{tot}) oraz średnich wskaźników oceny przydatności pogody (WEI_{avg}) do różnych form rekreacji i turystyki: kąpieli słonecznych (SB), kąpieli powietrznych (AB), łagodnych form rekreacji ruchowej (MR), intensywnej rekreacji ruchowej (AR) oraz turystyki narciarskiej (ST) w różnych masach powietrza, Warszawa-Okęcie 1994–2001

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

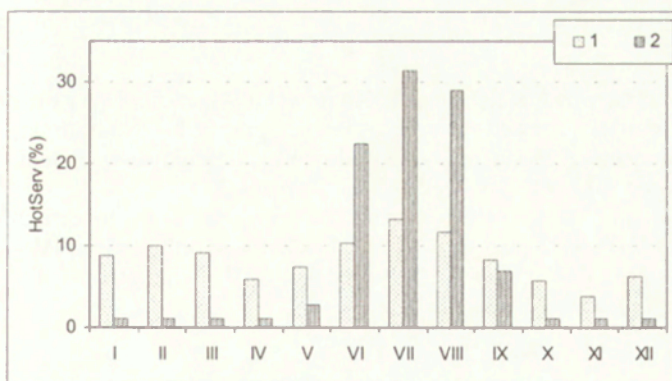
Czcionką pochylą zaznaczono wartości wskaźnika WEI_{avg} i WEI_{tot} mówiące o niekorzystnych warunkach pogodowych; czcionką podkreśloną oznacza pogodę korzystną, a czcionką pogrubioną – pogodę bardzo korzystną

8. WARUNKI BIOKLIMATYCZNE POLSKI A MOŻLIWOŚĆ REKREACJI I TURYSTYKI

Charakterystyki warunków bioklimatycznych Polski z punktu widzenia rekreacji i turystyki dokonano na podstawie danych meteorologicznych za okres 1971–1990. Materiały te zebrano podczas przygotowywania obszernej monografii bioklimatu wszystkich uzdrowisk polskich, wykonanej w Instytucie Geografii i Przestrzennego Zagospodarowania PAN w Warszawie przez zespół w składzie: Teresa Kozłowska-Szczęśna, Krzysztof Błażejczyk, Barbara Krawczyk i Danuta Limanówka. Wyniki prac tego zespołu zostały opublikowane w roku 2002 jako trzeci tom serii „Monografie” IGiPZ PAN (Kozłowska-Szczęśna i in. 2002).

Na potrzeby obecnego opracowania materiały te ponownie przeanalizowano i zestawiono w układzie regionalnym. Dokonano także uzupełniających obliczeń nowych wskaźników biotermicznych (Błażejczyk 2003).

Cechą charakterystyczną ruchu turystycznego w Polsce jest jego wyraźna sezonowość, co potwierdzają dane zawarte w rocznikach statystycznych dawnych województw: koszalińskiego (za rok 1975) i jeleniogórskiego (za lata 1977 i 1978). W środkowej części polskiego wybrzeża Bałtyku ponad 80% wszystkich noclegów w ośrodkach turystycznych i wczasowych udzielono w miesiącach letnich (od czerwca do sierpnia). W Sudetach obserwowano dwa sezony nasilenia ruchu turystycznego. Na okres letni przypadało około 40% usług hotelowych, a na miesiące zimowe (od stycznia do marca) – prawie 27%



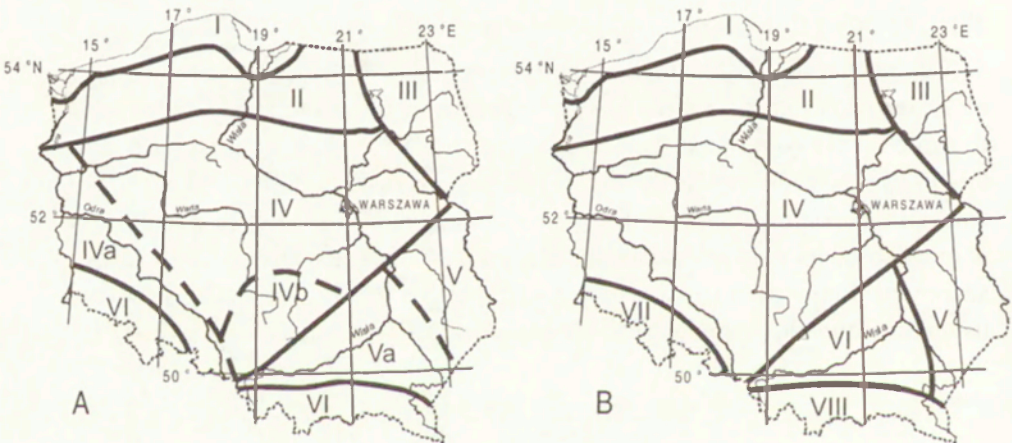
Ryc. 80. Odsetek noclegów (HotServ) – w stosunku do ich sumy rocznej – udzielonych w poszczególnych miesiącach: 1 – województwo jeleniogórskie (1977–1978), 2 – województwo koszalińskie (1975)

Ratio of hotel services (HotServ) in consecutive months: 1 – mountain region (1977–1978), 2 – sea-shore region (1975)

udzielonych noclegów (ryc. 80). Dlatego też w dalszej części rozdziału szczególna uwaga zostanie poświęcona warunkom bioklimatycznym panującym w letnim i zimowym sezonie turystycznym.

8.1. REGIONALNE ZRÓŻNICOWANIE WARUNKÓW BIOKLIMATYCZNYCH

Obszary turystyczne w Polsce są rozmieszczone nierównomiernie, a główne ich centra są zlokalizowane w najatrakcyjniejszych krajobrazowo częściach kraju. Stacje meteorologiczne, dla których posiadano dane obserwacyjne, położone są przeważnie w uzdrowiskach. Miejscowości te są jednocześnie ośrodkami turystycznymi i centrami rekreacji. Analizując zróżnicowanie warunków bioklimatycznych w Polsce posłużono się zmodyfikowaną regionalizacją T. Kozłowskiej-Szczęsnej (1987, 1988, 1991). Modyfikacji dokonano opierając się na regionalizacjach Polski wykonanych przez B. Krawczyk (1988, 1991, 1993) oraz K. Błażejczyka (1985, 1992a), jak również na najnowszych wynikach badań dotyczących zróżnicowania biotermicznego Polski (Błażejczyk 2003) (ryc. 81).



Ryc. 81. Regiony bioklimatyczne Polski wg T. Kozłowskiej-Szczęsnej (A) oraz w zmodyfikowanej wersji (B), zastosowanej w obecnej pracy: I – Nadmorski, II – Pojezierny, III – Północno-wschodni, IV – Centralny, V – Południowo-wschodni, VI – Świętokrzysko-małopolski, VII – Sudecki, VIII – Karpacki;

Bioclimatic regions of Poland according to T. Kozłowska-Szczęsna (A) and modified, used in present research (B): I – Seashore, II – Lakeland, III – North-eastern, IV – Central, V – South-eastern, VI – Upland, VII – Sudetic, VIII – Carpathians, for bioclimatic characteristics see table below

Podstawowe charakterystyki warunków bioklimatycznych w sezonie letnim i zimowym zawiera poniższe zestawienie:

Charakterystyka bioklimatyczna	Sezon	Region bioklimatyczny							
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
Usłonecznienie (godzin dziennie)	Ws	0,77	0,76	0,79	0,77	0,85	0,75	0,85	0,85
	Ss	2,45	2,34	2,46	2,37	2,33	2,20	2,06	1,98
Temperatura powietrza o 12 ⁰⁰ UTC	Ws	2,1	1,2	-0,3	1,9	0,5	2,2	1,6	1,4
	Ss	18,4	19,4	19,5	21,3	21,1	20,5	18,9	19,4
Suma opadu (mm)	Ws	109	105	103	82	109	99	125	127
	Ss	189	220	250	214	232	273	296	340
Temperatura odczuwalna <i>STI</i> , °C	Ws	9,9	9,5	3,4	10,1	11,4	14,0	13,0	13,9
	Ss	38,7	38,5	35,2	40,1	42,8	42,7	40,7	40,2

Ws – zimowy sezon turystyczny – I–III

Ss – letni sezon turystyczny – VI–VIII

Najnowsze dane odnoszące się do warunków biotermicznych nie upoważniają do podzielenia regionu IV na trzy podregiony. Obliczone wskaźniki biotermiczne pozwalają natomiast na uznanie podregionów w regionie V za odrębne regiony. Z uwagi na znaczne odrębności warunków biotermicznych oddzielnie potraktowano także regiony górskie: Sudecki i Karpacki. Tak więc, w wyniku wykonanych analiz na obszarze Polski można wyróżnić następujące regiony bioklimatyczne: Nadmorski, Pojezierny, Północno-wschodni, Centralny, Południowo-wschodni, Świętokrzysko-małopolski, Sudecki i Karpacki.

8.1.1. BODŹCE RADIACYJNE

Zróżnicowanie bodźców radiacyjnych przedstawiono na podstawie trzech charakterystyk: usłonecznienia rzeczywistego, wielkości zachmurzenia oraz bilansu radiacyjnego w drugim terminie obserwacyjnym, a więc w godzinach okołopołudniowych.

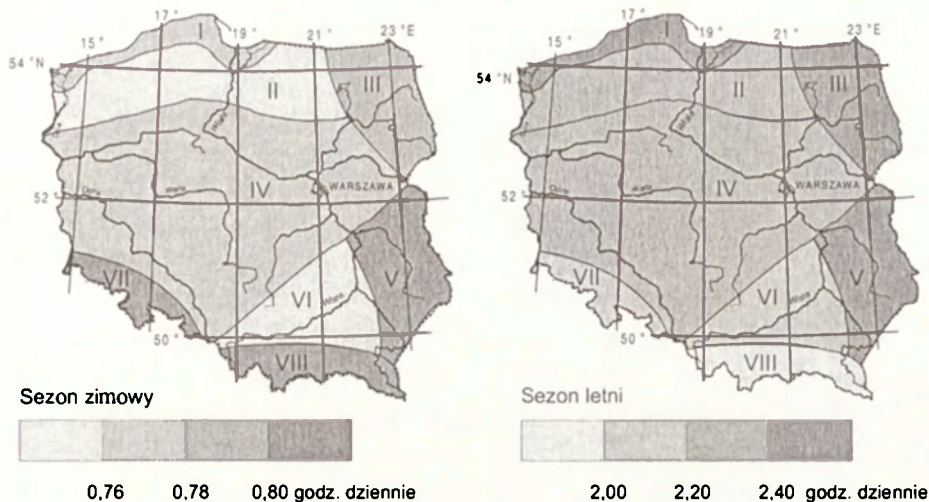
We wszystkich regionach roczna suma godzin ze słońcem przekracza stosowaną dla miejscowości wypoczynkowych normę wynoszącą 1350 godzin. Największe wartości usłonecznienia występują w regionie Nadmorskim (ponad 1600 godzin rocznie, za wyjątkiem zachodniej części wybrzeża), a następnie w regionach: Północno-wschodnim i Południowo-wschodnim (1560–1580 godz.). Należy także zwrócić uwagę na fakt, że w miejscowościach zlokalizowanych w dnach głębokich dolin suma godzin z dopływem bezpośredniego promieniowania słonecznego jest znacznie obniżona (1200–

Tabela 23. Średnie miesięczne i roczne usłonecznienie rzeczywiste (godz.), 1971–1990 (Kozłowska-Szczęсна i in. 2002)

Miejscowość	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Rok
Region Nadmorski													
Dziwnów	30,3	61,9	101,4	163,7	241,4	210,6	216,6	213,2	135,1	94,0	45,2	30,0	1543,4
Świnoujście	37,0	60,0	124,0	163,0	210,0	228,0	218,0	205,0	164,0	96,0	44,0	29,0	1578,0
Kołobrzeg	37,4	66,9	109,6	171,8	250,7	219,7	228,9	229,5	139,3	104,5	46,9	34,1	1639,3
Ustka	35,8	63,5	110,3	171,9	249,7	227,2	233,7	235,0	137,9	101,6	43,1	32,2	1641,7
Hel	34,0	55,4	106,4	168,9	254,5	236,0	242,1	228,5	139,7	96,3	40,9	24,6	1627,3
Gdynia	41,0	61,7	111,9	165,0	241,5	228,2	236,5	224,3	143,1	105,5	50,2	32,6	1641,5
Region Pojezierny													
Resko	36,0	54,0	115,0	148,0	205,0	230,0	215,0	200,0	155,0	91,0	35,0	24,0	1508,0
Region Północno-wschodni													
Suwałki	36,6	66,5	113,8	157,8	240,0	230,3	228,3	222,0	134,8	91,8	34,0	25,4	1581,2
Białystok	39,3	57,9	113,1	156,6	237,2	219,5	231,0	228,8	139,2	97,5	38,8	26,0	1584,7
Region Centralny													
Inowrocław	38,0	56,0	124,0	155,0	213,0	233,0	229,0	217,0	171,0	96,0	39,0	38,0	1599,0
Ciechocinek	34,0	60,3	104,8	147,0	225,7	199,9	210,4	218,6	129,8	94,4	43,5	25,7	1494,1
Region Południowo-wschodni													
Puławy	50,2	67,0	115,4	154,2	217,2	209,8	225,1	223,9	137,2	108,1	50,1	35,1	1593,3
Zamość	50,4	70,6	107,8	148,6	213,9	193,1	224,7	210,8	135,8	120,1	53,3	34,1	1563,2
Region Świętokrzysko-malopolski													
Skroniów	44,0	58,0	110,0	149,0	186,0	214,0	216,0	204,0	158,0	104,0	45,0	33,0	1521,0
Kraków	40,7	61,2	91,9	128,1	187,5	184,3	203,2	190,8	116,9	102,4	49,7	34,1	1390,8
Region Sudecki													
Jelenia Góra	61,4	81,7	109,8	135,2	186,7	161,0	182,7	185,9	125,1	125,0	63,2	47,5	1465,2
Szczawno Zdrój	54,4	69,7	109,7	137,1	193,5	166,1	192,1	191,6	129,8	120,3	59,1	42,0	1465,2
Kłodzko	53,7	72,4	109,6	149,3	203,8	191,5	210,1	206,8	130,1	118,4	57,3	44,4	1547,4
Kudowa Zdrój	35,0	54,0	106,0	149,0	183,0	193,0	200,0	192,0	150,0	107,0	41,0	30,0	1440,0
Region Karpacki													
Wisła	47,8	69,7	98,4	125,5	192,2	171,8	197,1	195,4	122,6	112,2	52,7	38,1	1423,5
Zaborze-Gołyśz	54,1	74,5	103,8	134,0	191,8	174,2	197,5	192,1	125,2	113,8	59,6	45,7	1466,3
Krynica Zdrój	56,0	68,0	109,0	140,0	161,0	169,0	188,0	189,0	152,0	118,0	56,0	38,0	1444,0
Muszyzna	48,0	69,2	104,1	122,0	165,3	166,5	179,0	170,4	122,8	107,7	50,1	33,3	1338,5
Rabka Zdrój	60,2	80,5	112,4	129,0	180,5	178,4	183,6	193,3	134,2	114,9	72,7	54,6	1494,3
Iwonicz Zdrój	36,6	58,4	100,6	116,7	166,1	153,5	170,0	174,6	112,9	98,3	41,9	25,3	1254,9
Lesko	65,1	80,6	117,6	129,2	185,5	176,2	197,5	199,2	133,4	118,4	69,0	52,7	1524,6

1300 godz. rocznie) na skutek dużego zasłonięcia horyzontu i zmniejszonych w ten sposób możliwości dopływu promieni słonecznych do podłoża.

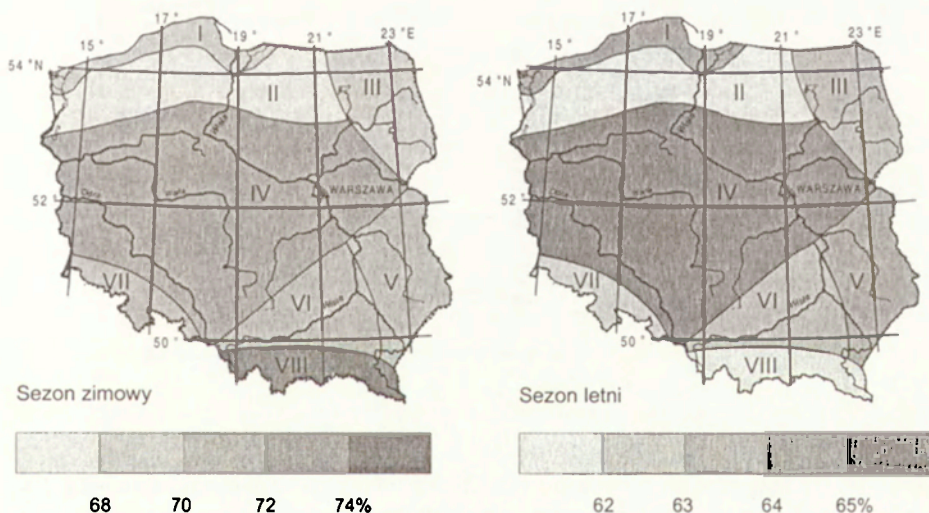
W przebiegu rocznym usłonecznienie zmienia się od 25–50 godz. miesięcznie w grudniu do 180–250 godz. od maja do lipca. Zauważa się wyraźne zróżnicowanie regionalne usłonecznienia. W regionach: Nadmorskim, Pojeziernym i Północno-wschodnim notuje się najmniejsze w Polsce sumy usłonecznienia w miesiącach zimowych, a jednocześnie największe jego sumy późną wiosną i latem (maj-czerwiec). Natomiast w regionach: Sudeckim i Karpackim w miesiącach zimowych usłonecznienie jest nieco większe, natomiast latem znacznie mniejsze niż w pozostałej części Polski. Te różnice regionalne uwarunkowane są z jednej strony czynnikami astronomicznymi (długość dnia), a z drugiej – stopniem zachmurzenia nieba (tab. 23).



Ryc. 82. Średnie sumy dzienne usłonecznienia rzeczywistego w sezonie zimowym i sezonie letnim (I–VIII – regiony bioklimatyczne), (legenda p. ryc. 81)

Mean daily sunshine duration in winter season and summer season (I–VIII – bioclimatic regions), (for explanations see Fig. 81)

Analizując syntetyczny obraz zróżnicowania regionalnego średnich dobowych sum usłonecznienia rzeczywistego w zimowym i letnim sezonie turystycznym widać wyraźne uprzywilejowanie regionów: Sudeckiego i Karpackiego w miesiącach styczeń-marzec. W miesiącach letnich najkorzystniejsze warunki usłonecznienia panują w regionach: Nadmorskim i Północno-wschod-



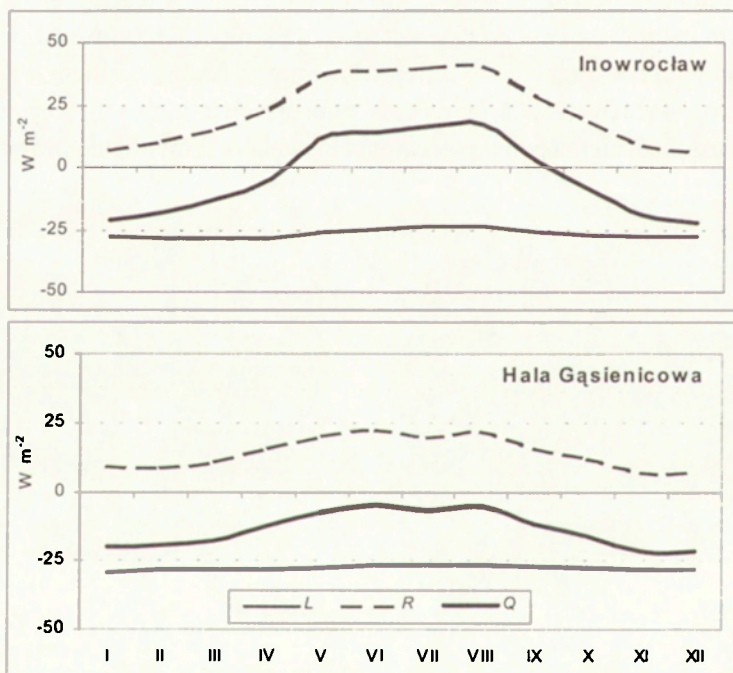
Ryc. 83. Średnie wartości zachmurzenia o godz. 12⁰⁰ UTC (legenda p. ryc. 81)

Mean cloudiness at 12:00 UTC (for explanations see Fig. 81)

nim. Spośród pozostałych wyróżnia się region Południowo-wschodni, gdzie zarówno latem, jak i zimą warunki solarne są korzystne (ryc. 82).

Analizując wielkość zachmurzenia ogólnego w ciągu dnia (godz. 12⁰⁰ czasu uniwersalnego – UTC, co odpowiada godzinie 13⁰⁰ czasu urzędowego w okresie zimowym i godzinie 14⁰⁰ czasu urzędowego w okresie letnim) można zauważyć, że zmienia się ono od 50–60% w maju i czerwcu do ponad 80% w okresie zimowym. Podobnie, jak w przypadku usłonecznienia, obserwuje się znaczne zróżnicowanie regionalne.

Zróżnicowanie sezonowe i regionalne zachmurzenia widać wyraźnie na mapach przedstawiających jego średnie wartości w badanych regionach w sezonie letnim i zimowym. Latem obserwuje się uprzywilejowanie regionów: Centralnego i Nadmorskiego w stosunku do pozostałej części Polski, a szczególnie w odniesieniu do regionów: Karpackiego i Pomorskiego. Zimą najdogodniejsze warunki zachmurzenia występują w regionie Karpackim. W regionie Centralnym stosunkowo korzystne warunki zachmurzenia panują tak latem, jak i zimą (ryc. 83).



Ryc. 84. Przebieg średnich wartości składników bilansu radiacyjnego człowieka: *L* – straty ciepła poprzez promieniowanie długofalowe, *R* – pochłonięte promieniowanie słoneczne, *Q* – bilans radiacyjny

Daily course of the components of radiation balance in man: *L* – heat loss by long-wave radiation, *R* – absorbed solar radiation, *Q* – net radiation

Tabela 24. Średnie miesięczne i roczne zachmurzenie (%) o godzinie 12⁰⁰ UTC, 1971–1990 (Kozłowska-Szczęśna i in. 2002)

Miejscowość	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Rok
Region Nadmorski													
Świnoujście	63	63	70	66	67	64	66	64	65	66	64	62	65
Kamień Pomorski	86	75	70	63	49	57	59	54	64	73	80	85	68
Kołobrzeg	80	75	73	69	60	65	67	64	71	73	81	82	72
Ustka	78	74	68	64	55	62	62	57	69	69	79	78	68
Gdynia	79	77	72	68	61	67	66	64	71	70	79	80	71
Region Pojezierny													
Polczyn Zdrój	79	76	71	69	61	68	67	62	70	71	82	81	71
Region Północno-wschodni													
Goldap	80	74	68	66	62	69	73	63	70	68	84	85	72
Białystok	78	72	65	62	57	62	60	53	62	65	80	82	66
Region Centralny													
Inowrocław	78	71	72	68	58	62	64	63	65	65	77	80	69
Ciechocinek	76	74	64	68	63	66	67	64	69	68	81	82	70
Wieniec Zdrój	69	61	55	56	50	54	58	52	54	64	74	70	60
Region Południowo-wschodni													
Nalęczów	72	71	70	69	67	68	66	61	65	66	76	81	69
Zamość	72	70	64	62	52	59	55	48	55	58	72	75	62
Horyniec Zdrój	73	78	76	62	70	63	67	64	58	59	78	84	69
Region Świętokrzysko-malopolski													
Szaniec	74	72	68	71	65	68	63	60	68	65	77	79	69
Pszczyna	69	66	64	64	60	64	58	54	60	56	70	73	63
Wieliczka	77	76	72	72	71	73	72	64	70	70	79	82	73
Region Sudecki													
Swieradów Zdrój	65	63	62	63	61	66	62	56	62	55	69	69	63
Cieplice Śląskie Zdrój	70	69	69	74	72	75	72	68	69	61	72	73	70
Szczawno Zdrój	71	70	70	68	67	72	67	62	66	62	71	74	68
Długopole Zdrój	69	66	62	59	56	63	57	54	57	56	71	72	62
Duszniki Zdrój	75	74	70	66	66	69	66	59	64	62	77	77	69
Kudowa Zdrój	78	74	78	67	60	64	61	60	59	61	81	82	69
Łądek Zdrój	73	70	70	70	67	73	69	62	66	59	73	75	69
Polanica Zdrój	74	70	71	70	67	71	67	58	63	58	73	75	68
Region Karpacki													
Wisła	67	65	68	68	66	72	63	61	64	56	69	73	66
Rabka Zdrój	59	56	59	62	63	64	61	53	55	51	61	63	59
Szczawnica	66	64	64	67	64	65	61	57	60	56	67	69	63
Piwniczna Zdrój	64	63	64	69	67	67	67	60	58	55	67	70	64
Zegiestów Zdrój	75	66	63	66	63	64	60	61	59	60	74	79	66
Muszyzna	68	66	66	72	69	72	67	61	61	59	72	74	67
Krynica Zdrój	68	67	64	67	65	68	63	62	63	60	73	75	66
Wysowa	73	69	64	70	67	70	65	60	61	61	76	78	68
Iwonicz Zdrój	75	72	70	77	72	75	72	67	69	66	78	80	73
Rymanów Zdrój	68	70	64	57	62	53	54	55	48	50	69	77	61
Solina	76	69	72	76	71	75	68	67	66	56	73	78	71

W Polsce północnej, północno-wschodniej i środkowej zachmurzenie charakteryzuje się dużymi zmianami sezonowymi, z minimum latem i maksimum zimą. Wyjątkiem jest tu najbardziej na zachód wysunięta część wybrzeża (Świnoujście), gdzie zmiany sezonowe nie zaznaczają się. W Polsce

południowo-wschodniej oraz na Wyżynie Śląsko-Małopolskiej zmiany sezonowe zachmurzenia są mniej wyraźne niż w regionach wspomnianych poprzednio. Na południu Polski (regiony: Sudecki i Karpacki) typowe jest przesunięcie najmniejszych wartości zachmurzenia na miesiące jesienne (wrzesień-październik) oraz znacznie mniejsze niż w Polsce północnej zachmurzenie w okresie zimowym. W niektórych miejscowościach (np. Rabka, Muszyna) zachmurzenie w miesiącach zimowych jest nawet mniejsze niż latem (tab. 24).

Jak wspomniano w rozdziale 6, najpełniejszą charakterystykę oddziaływania środowiska atmosferycznego na człowieka można uzyskać analizując jego bilans cieplny. Istotnym składnikiem tego bilansu jest bilans radiacyjny. Różnicowanie regionalne bilansu radiacyjnego człowieka ilustruje rycina 84. Nie obserwuje się istotnych różnic sezonowych i regionalnych w odniesieniu do wymiany ciepła poprzez promieniowanie długofalowe (L). Wartości strumienia L są podobne na porównywanych stacjach i mają wyrównany przebieg roczny. Odmiennie kształtują się wartości pochłoniętego promieniowania słonecznego (R). W przebiegu rocznym wartości strumienia R wahają się od około 5 do około 40 $W \cdot m^{-2}$. Największe natężenie strumienia R obserwuje się w Inowrocławiu, a najmniejsze – w Tatrach. Różnicowanie sezonowe pochłoniętego promieniowania słonecznego sprawia, że także bilans radiacyjny człowieka (Q) odznacza się wyraźną sezonowością. W Polsce północnej i środkowej dodatnie wartości Q obserwuje się od maja do sierpnia lub września. W Tatrach zmiany sezonowe Q są mniejsze niż w pozostałej części Polski i przez cały rok mają one wartości ujemne. Oznacza to, że nawet w miesiącach letnich dopływ i pochłanianie promieniowania słonecznego są mniejsze niż wypromieniowanie długofalowe, a do zachowania równowagi cieplnej człowieka niezbędne jest stosowanie odpowiedniej odzieży (o podwyższonej termoizolacyjności lub o ciemnej barwie) i/lub ruchu, który zwiększa metaboliczną produkcję ciepła.

8.1.2. BODŹCE TERMICZNO-WILGOTNOŚCIOWE

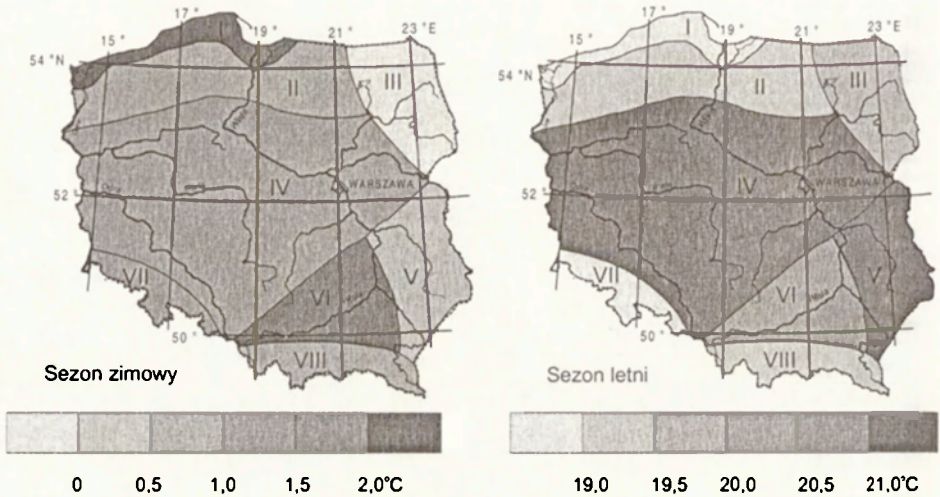
Najprostszym sposobem określenia natężenia bodźców termiczno-wilgotnościowych jest analiza podstawowych charakterystyk temperatury i wilgotności powietrza. Porównując średnią roczną temperaturę w ciągu dnia (godz. 12⁰⁰ UTC) można stwierdzić, że najwyższe jej wartości występują w regionach: Centralnym (10,9–11,4°C) oraz Świętokrzysko-małopolskim (10,5–11,4°C). W pozostałych regionach średnia roczna temperatura powietrza w godzinach okołopołudniowych wynosi od 8,8 do 10,5°C (tab. 25). Naj-

Tabela 25. Temperatura powietrza (°C) o godz. 12⁰⁰ UTC, 1971–1990
(Kozłowska-Szezęsna i in. 2002)

Miejscowość	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Rok
Region Nadmorski													
Swinoujście	0,6	1,5	4,9	8,2	13,9	17,2	19,4	19,8	16,1	11,4	5,7	2,5	10,1
Kamień Pomorski	0,3	1,2	5,1	8,9	15,4	18,0	19,8	20,2	16,5	11,3	5,5	1,9	10,3
Ustka	0,5	1,4	4,5	7,3	12,4	15,6	18,4	19,2	15,7	11,4	5,8	2,3	9,5
Kołobrzeg	0,4	1,6	4,9	7,8	13,2	16,5	18,8	19,5	15,9	11,6	5,8	2,4	9,9
Gdynia	0,4	0,8	3,7	6,8	12,1	16,1	18,7	19,1	15,5	10,9	5,6	2,4	9,3
Region Pojezierny													
Polczyn Zdrój	-1,0	0,2	4,5	9,4	16,0	18,2	19,8	20,1	15,3	10,5	4,7	1,3	9,9
Region Północno-wschodni													
Gołdap	-2,7	-1,4	3,2	9,2	16,4	18,6	19,9	20,1	15,1	9,8	3,2	-0,5	9,2
Region Centralny													
Inowrocław	-0,9	0,0	5,4	11,1	17,8	20,3	21,9	21,6	16,6	11,9	5,1	1,0	11,0
Ciechocinek	-0,4	0,9	6,3	11,3	18,2	20,5	22,2	22,2	17,4	11,8	5,3	1,5	11,4
Wieniec Zdrój	-0,9	0,8	6,2	10,4	17,1	20,5	21,0	21,8	17,2	10,7	5,3	0,4	10,9
Region Południowo-wschodni													
Należców	-1,4	0,1	5,4	11,4	17,6	19,7	21,7	21,6	16,9	11,3	4,5	0,7	10,8
Horyniec Zdrój	-3,5	-1,0	3,5	12,5	16,9	20,7	21,7	21,1	18,0	13,2	6,0	-1,8	10,6
Region Świętokrzysko-malopolski													
Szaniec	-1,7	0,0	5,5	10,7	16,9	19,2	21,1	21,0	16,7	11,3	4,4	0,8	10,5
Pszczyzna	-0,3	1,5	6,6	11,0	17,1	19,1	21,0	21,0	17,0	12,2	5,3	1,6	11,1
Wieliczka	-0,3	1,4	6,8	11,5	17,5	19,5	21,4	21,6	17,2	12,4	5,6	1,8	11,4
Region Sudecki													
Swieradów Zdrój	-0,6	0,6	4,2	7,9	14,0	16,2	18,1	18,5	14,5	10,4	3,9	1,0	9,1
Cieplice Śląskie Zdrój	0,5	2,0	6,3	9,9	15,7	17,9	19,9	20,3	16,7	12,5	5,9	2,5	10,8
Szczawno Zdrój	-0,5	0,7	4,8	8,8	14,8	17,2	19,2	19,8	15,5	11,0	4,4	1,3	9,8
Kudowa Zdrój	-1,7	0,2	5,1	9,6	12,9	18,1	19,7	19,8	15,4	11,5	3,9	0,5	9,6
Duszniki Zdrój	-2,0	-0,3	3,7	7,9	14,2	16,9	18,8	19,0	14,9	9,9	2,8	0,0	8,8
Polanica Zdrój	-0,6	0,9	5,5	9,8	15,8	18,2	20,0	20,4	16,1	11,4	4,5	1,3	10,3
Długopole Zdrój	-1,0	0,6	5,2	9,6	15,6	17,9	19,8	20,1	15,9	11,0	4,1	1,0	10,0
Łądek Zdrój	-0,6	0,9	5,2	9,4	15,4	17,7	19,5	19,9	15,6	11,1	4,3	1,2	10,0
Region Karpacki													
Wisła	-0,6	0,5	5,5	10,5	16,5	17,8	20,2	20,4	16,6	12,6	4,9	1,2	10,5
Rabka Zdrój	-0,3	1,4	5,7	9,9	15,8	17,9	19,6	19,9	16,0	11,8	5,0	1,2	10,3
Szczawnica	-1,2	0,9	5,9	10,4	16,1	18,0	19,9	19,9	15,8	11,4	4,3	0,4	10,2
Piwniczna Zdrój	-0,8	1,6	6,7	11,2	16,9	19,2	21,0	21,2	17,2	12,3	4,7	0,7	11,0
Żegiestów Zdrój	-2,0	0,8	6,0	10,6	16,3	18,6	20,4	20,3	16,4	11,4	3,5	-0,3	10,2
Muszyna	-1,5	0,9	6,4	10,4	16,3	18,5	20,2	20,5	16,8	11,4	4,2	0,2	10,4
Krynica Zdrój	-1,8	0,4	5,2	9,6	15,4	17,6	19,5	19,4	15,6	10,8	3,4	-0,2	9,6
Wysowa	-3,1	-0,8	4,4	9,5	15,1	17,6	19,4	19,3	15,2	9,7	2,3	-1,4	8,9
Iwonicz Zdrój	-2,1	-0,3	4,8	9,8	15,6	18,0	19,5	19,5	15,3	10,2	3,1	-0,5	9,4
Rymanów Zdrój	-3,9	-1,3	2,9	11,7	15,4	19,5	20,5	20,0	17,3	12,1	5,9	-2,2	9,8
Solina	-0,4	0,4	5,3	10,2	16,1	18,3	19,9	19,7	16,1	11,9	4,6	0,8	10,2

chłodniejszy jest styczeń, gdy średnia temperatura powietrza jest niższa od zera (jedynie w regionie Nadmorskim ma ona wartości dodatnie), a najcieplejszy – lipiec lub sierpień.

Średnie wartości temperatury powietrza w ciągu dnia są na obszarze Polski dość silnie zróżnicowane. W sezonie zimowym wyróżnia się region Północno-wschodni, gdzie temperatura jest niższa od zera. Najcieplejszymi są wtedy regiony: Nadmorski i Świętokrzysko-małopolski. W sezonie letnim najchłodniejsze są regiony: Nadmorski i Sudecki, a najcieplejsze – Centralny i Południowo-wschodni (ryc. 85).



Ryc. 85. Średnie wartości temperatury powietrza o godzinie 12⁰⁰ UTC (legenda p. ryc. 81)

Mean values of air temperature at 12⁰⁰ UTC (for explanations see Fig. 81)

Syntetyczny obraz przestrzenny dni mroźnych i gorących przedstawia rycina 86. Najczęstszym występowaniem skrajnych wartości temperatury charakteryzuje się region Południowo-wschodni, gdzie w sezonie zimowym jest dużo dni mroźnych, a w sezonie letnim – dużo dni gorących. Najłagodniejsze warunki termiczne obserwuje się w regionie Nadmorskim, gdzie w sezonie zimowym jest niewiele dni mroźnych, a latem – mało dni gorących.

Dni gorących (z temperaturą maksymalną równą lub wyższą od 25°C) jest w Polsce od 7 w Gdyni do ponad 42 w Ciechocinku (tab. 26). Pojawiają się one od maja do września, a w niektórych miejscowościach mogą być sporadycznie spotykane także w kwietniu i październiku. Najmniej dni gorących występuje w regionie Nadmorskim (7–20 w roku), a najwięcej na Kujawach (34–42 w roku). Dużo – ponad 30 rocznie – jest ich także w regionach: Południowo-wschodnim i Świętokrzysko-małopolskim.

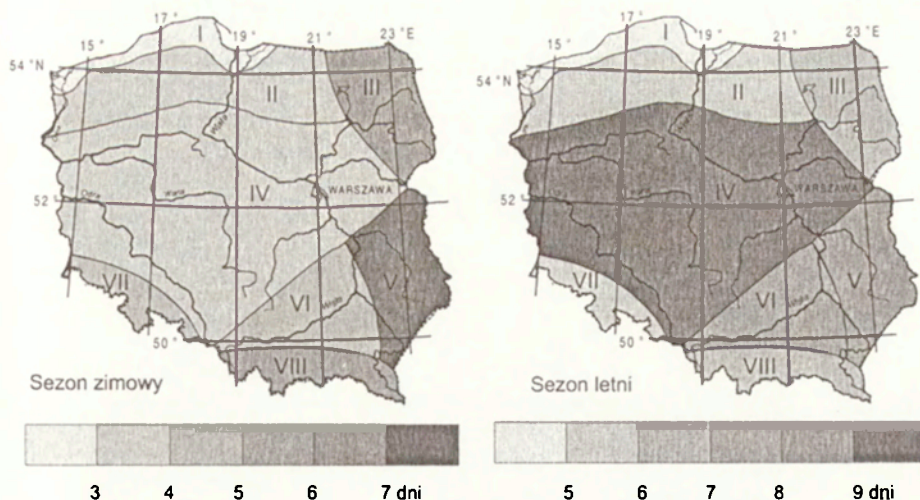
Tabela 26. Liczba dni gorących, 1971–1990 (Kozłowska-Szczęsna i in. 2002)

Miejscowość	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Rok
Region Nadmorski													
Swinoujście	.	.	.	0,1	1,9	2,6	4,1	4,6	0,9	0,1	.	.	14,3
Kamień Pomorski	.	.	.	0,2	2,6	4,1	5,4	6,5	1,3	.	.	.	20,1
Kołobrzeg	.	.	.	0,1	2,2	2,5	3,1	4,4	0,9	0,1	.	.	13,3
Ustka	2,4	2,6	3,2	4,4	0,9	.	.	.	13,5
Gdynia	0,4	1,3	2,1	2,8	0,4	.	.	.	7,0
Region Pojezierny													
Połczyn Zdrój	2,8	4,9	6,5	6,2	0,9	0,1	.	.	21,4
Region Północno-wschodni													
Gołdap	.	.	.	0,1	3,2	5,0	6,6	6,0	0,9	.	.	.	21,8
Białystok	.	.	.	0,1	3,0	5,8	7,8	7,6	1,2	.	.	.	25,5
Region Centralny													
Inowrocław	.	.	.	0,1	3,6	7,6	11,0	9,7	2,0	0,2	.	.	34,2
Ciechocinek	.	.	.	0,2	5,5	8,8	12,7	12,3	2,7	0,1	.	.	42,3
Wieniec Zdrój	.	.	.	0,1	4,2	9,2	10,0	10,8	3,0	.	.	.	37,3
Region Południowo-wschodni													
Naleczów	.	.	.	0,2	3,1	6,4	10,9	9,7	2,4	.	.	.	32,7
Zamość	2,8	6,3	9,6	9,6	2,6	.	.	.	30,9
Region Świętokrzysko-malopolski													
Szaniec	.	.	.	0,2	2,9	6,3	9,6	9,2	2,4	.	.	.	30,6
Pszczyzna	.	.	.	0,2	3,1	5,9	9,3	10,2	2,8	0,2	.	.	31,7
Wieliczka	.	.	.	0,4	3,8	7,4	10,8	11,3	3,8	0,3	.	.	37,8
Region Sudecki													
Swieradów Zdrój	0,6	1,6	3,9	4,0	0,4	.	.	.	10,5
Cieplice Śląskie Zdrój	1,8	4,4	7,7	7,8	2,4	0,2	.	.	24,3
Szczawno Zdrój	1,2	2,8	6,0	7,2	1,2	.	.	.	18,4
Kudowa Zdrój	1,7	5,1	7,6	7,8	1,5	.	.	.	23,7
Polanica Zdrój	1,4	4,3	7,7	8,0	1,7	0,1	.	.	23,2
Duszniki Zdrój	0,8	2,7	4,7	4,9	0,8	.	.	.	13,9
Długopole Zdrój	0,8	3,3	6,2	7,2	0,8	.	.	.	18,3
Łądek Zdrój	1,2	4,1	6,9	7,3	0,9	.	.	.	20,4
Region Karpacki													
Wisła	.	.	.	0,1	2,0	5,0	7,8	8,8	1,5	.	.	.	25,2
Rabka Zdrój	.	.	.	0,2	2,2	5,1	8,1	8,9	2,4	0,1	.	.	27,0
Szczawnica	.	.	.	0,2	2,2	4,6	6,9	6,6	1,1	.	.	.	21,6
Piwniczna Zdrój	.	.	.	0,3	3,2	7,3	10,6	10,4	3,1	.	.	.	34,9
Żegiestów Zdrój	.	.	.	0,2	2,4	4,9	8,5	8,0	1,3	.	.	.	25,3
Muszyzna	.	.	.	0,2	1,8	4,8	8,1	8,2	2,0	.	.	.	25,1
Krynica Zdrój	1,3	3,2	5,5	5,8	0,9	0,1	.	.	16,8
Wysowa	0,6	2,3	5,2	4,7	0,4	.	.	.	13,2
Iwnicz Zdrój	1,3	3,1	5,2	5,2	0,6	.	.	.	15,4
Rymanów Zdrój	.	.	.	0,4	1,6	6,5	8,3	6,0	1,6	.	.	.	24,4
Solina	.	.	.	0,1	1,7	3,9	6,3	5,9	1,2	.	.	.	19,1

Tabela 27. Liczba dni mroźnych, 1971–1990 (Kozłowska-Szczęsna i in. 2002)

Miejscowość	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Rok
Region Nadmorski													
Świnoujście	3,2	1,4	0,6	.	.	.	.	.	.	.	.	0,3	5,5
Kamień Pomorski	3,9	2,5	0,7	.	.	.	.	.	.	.	.	1,1	8,2
Kołobrzeg	3,6	1,4	0,6	.	.	.	.	.	.	.	.	0,8	6,4
Ustka	3,2	1,8	0,7	.	.	.	.	.	.	.	.	0,8	6,5
Gdynia	2,5	1,3	0,3	.	.	.	.	.	.	.	.	0,5	4,6
Region Pojezierny													
Polczyn Zdrój	5,7	4,2	1,9	.	.	.	.	.	.	.	0,1	1,9	13,8
Region Północno-wschodni													
Goldap	7,9	7,5	3,4	0,1	.	.	.	.	.	.	1,0	4,3	24,2
Region Centralny													
Inowrocław	6,3	4,6	1,0	.	.	.	.	.	.	.	0,5	2,4	14,8
Ciechocinek	5,4	4,6	1,6	.	.	.	.	.	.	.	0,2	2,2	14,0
Wieniec Zdrój	6,6	4,0	0,8	.	.	.	.	.	.	.	0,2	4,5	16,0
Region Południowo-wschodni													
Nalęczów	7,5	5,4	2,8	.	.	.	.	.	.	0,1	0,8	4,0	20,6
Horyniec Zdrój	14,0	9,0	5,1	.	.	.	.	.	.	.	0,3	9,2	37,6
Region Świątokrzysko-malopolski													
Szaniec	8,5	5,8	1,9	.	.	.	.	.	.	.	1,1	3,4	20,7
Pszczyna	6,5	4,0	1,3	.	.	.	.	.	.	.	0,5	3,1	15,4
Wieliczka	6,8	4,2	1,1	.	.	.	.	.	.	.	0,5	3,0	15,6
Region Sudecki													
Świeradów Zdrój	4,8	3,5	1,3	0,1	.	.	.	.	.	.	0,3	2,2	12,2
Szczawno Zdrój	5,1	4,0	1,4	.	.	.	.	.	.	.	0,5	2,4	13,4
Kudowa Zdrój	7,2	5,1	1,3	.	.	.	.	.	.	.	0,9	3,9	18,4
Polanica Zdrój	5,8	4,0	1,3	.	.	.	.	.	.	.	0,6	3,0	14,7
Duszniki Zdrój	7,3	4,8	2,0	.	.	.	.	.	.	.	1,1	4,7	19,9
Długopole Zdrój	6,1	4,4	1,2	.	.	.	.	.	.	.	0,6	2,9	15,2
Łądek Zdrój	6,2	4,2	1,4	.	.	.	.	.	.	.	0,7	3,1	15,6
Region Karpacki													
Wisła	7,0	5,3	2,2	.	.	.	.	.	.	.	0,8	4,5	19,8
Rabka Zdrój	8,9	6,9	2,7	0,1	.	.	.	.	.	.	1,2	5,5	25,3
Szczawnica	9,4	6,3	2,6	0,1	.	.	.	.	.	.	1,9	6,1	26,4
Piwniczna Zdrój	9,1	5,8	2,3	.	.	.	.	.	.	.	1,7	6,2	25,1
Żegiestów Zdrój	9,7	6,5	2,8	.	.	.	.	.	.	.	2,2	6,8	28,0
Muszyna	11,1	7,2	3,1	0,1	.	.	.	.	.	0,1	2,3	7,3	31,2
Krynica Zdrój	9,8	7,1	3,0	.	.	.	.	.	.	.	2,3	6,4	28,6
Wysowa	9,9	7,7	2,9	0,2	.	.	.	.	.	0,2	2,6	6,7	30,2
Iwonicz Zdrój	6,1	4,2	1,4	.	.	.	.	.	.	.	0,4	2,6	14,7
Rymanów Zdrój	13,1	7,6	3,9	.	.	.	.	.	.	.	0,4	6,2	31,2
Solina	8,0	6,9	1,9	.	.	.	.	.	.	.	0,6	3,1	20,5

Na zanotowaną liczbę dni gorących poza czynnikami regionalnymi wpływa także lokalizacja stacji. Na przykład na stacji w Piwnicznej, położonej w dolnej części eksponowanego na południe zbocza dni gorących jest aż 35, a w Świeradowie, leżącym na zboczu o wystawie północnej – tylko 10,5 w roku. Najbardziej narażone na występowanie szczególnie gorących, a tym samym niekorzystnych warunków termicznych są miesiące lipiec i sierpień.



Ryc. 86. Średnia liczba dni mroźnych w sezonie zimowym i dni gorących w sezonie letnim (legenda p. ryc. 81)

Mean number of frosty days in winter season and hot days in summer season (for explanations see Fig. 81)

Niekorzystne dla rekreacji są także dni mroźne, z temperaturą minimalną równą lub niższą od -10°C . Ich roczna liczba waha się od 4,6 w Gdyni do prawie 38 w Horyńcu. Ogólnie biorąc najmniej dni mroźnych spotyka się w regionie Nadmorskim (4,5–8), a najwięcej na wschodnich i północno-wschodnich krańcach Polski (tab. 27).

Także w wielu dolinach górskich, zwłaszcza karpackich, dni mroźne są bardzo częste (15–31), co jest związane nie tylko z wyniesieniem tych obszarów nad poziom morza, ale także z występowaniem zjawiska splywu wychłodzonego powietrza po stokach do den obniżień. Większość zaś stacji i posturków meteorologicznych leży właśnie w dnach dolin i kotlin. Dni mroźne na większości obszaru Polski występują od października do marca, z kulminacją w styczniu i lutym.

Najprostszą charakterystyką stosunków higrycznych jest wilgotność względna powietrza. Jest ona dość silnie zróżnicowana na obszarze Polski. Jej średnia roczna wartość o godz. 12⁰⁰ UTC waha się od 61% w Piwnicznej do 86% w Świnoujściu (tab. 28).

Ogólnie biorąc najwilgotniejsze powietrze występuje w regionie Nadmorskim, a najsuchsze – w regionie Karpackim. Na taki rozkład wilgotności względnej powietrza wpływa w pierwszym przypadku sąsiedztwo akwenu morskiego, a w drugim – lokalizacje stacji. W przebiegu rocznym najwyższe wartości wilgotności względnej powietrza notuje się w miesiącach zimowych,

Tabela 28. Wilgotność względna powietrza (%) o godz. 12⁰⁰ UTC, 1971–1990 (Kozłowska-Szczęсна i in. 2002)

Miejscowość	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Rok
Region Nadmorski													
Swinoujście	85	86	87	86	86	85	86	86	86	86	86	85	86
Kamiień Pomorski	83	77	68	65	60	66	65	62	67	72	79	84	71
Kołobrzeg	88	84	79	79	80	83	84	83	83	83	86	88	83
Ustka	88	83	79	80	82	86	86	84	83	84	86	87	84
Gdynia	78	76	72	70	71	71	69	68	67	72	75	78	72
Region Pojezierny													
Polczyn Zdrój	85	79	70	59	54	61	62	60	67	74	83	86	70
Region Centralny													
Inowrocław	85	78	69	56	54	58	59	59	66	73	83	87	69
Ciechocinek	82	75	65	56	53	58	58	57	64	71	79	83	67
Wieniec Zdrój	82	78	68	59	54	56	62	59	65	75	82	85	69
Region Południowo-wschodni													
Nalęczów	80	77	65	58	59	63	63	61	67	71	79	83	69
Zamość	87	86	81	76	77	79	79	80	84	84	87	88	82
Region Świątokrzysko-małopolski													
Pszczyna	81	75	67	61	59	63	62	61	67	69	79	84	69
Szaniec	82	79	67	60	60	64	62	63	68	72	82	85	70
Wieliczka	77	74	65	60	61	64	62	63	69	71	78	81	69
Region Sudecki													
Świeradów Zdrój	78	74	69	64	61	65	64	64	68	68	76	79	69
Szczawno Zdrój	76	74	65	59	58	63	60	58	64	65	74	77	66
Kudowa Zdrój	81	74	68	60	57	62	62	62	68	69	79	82	69
Polanica Zdrój	80	76	67	59	58	60	60	61	65	66	76	81	67
Duszniki Zdrój	81	77	70	63	62	65	64	64	69	71	79	82	71
Długopole Zdrój	77	72	63	57	57	58	58	57	62	66	75	79	65
Łądek Zdrój	79	75	68	63	61	64	63	63	68	68	77	81	69
Region Karpacki													
Rabka Zdrój	76	72	65	61	60	63	63	63	67	66	75	80	68
Szczawnica	73	68	60	55	56	61	59	59	62	62	72	76	64
Piwniczna Zdrój	71	66	57	53	54	57	56	56	59	61	71	76	61
Żegiestów Zdrój	74	65	57	53	55	60	60	63	65	63	74	79	64
Muszyzna	75	67	56	53	56	59	60	60	62	63	73	80	64
Krynica Zdrój	76	70	63	57	58	63	61	63	65	65	76	81	66
Wysowa	82	73	66	58	61	65	63	65	68	72	81	85	70
Iwonicz Zdrój	78	74	64	59	61	64	65	65	69	70	78	81	69
Solina	73	62	64	57	59	63	63	64	67	64	73	76	65

a najniższe – w kwietniu lub w maju (jedynie nad morzem najniższa wilgotność występuje na przełomie lata i jesieni).

O natężeniu bodźców wilgotnościowych mówi także wskaźnik stresu cieplnego (*HSI*). Przy jego wysokich wartościach ma miejsce duże nasilenie uczucia parności, które może być niebezpieczne dla zdrowia człowieka, zwłaszcza dzieci i osób w podeszłym wieku. Stwarza ono także dużą uciążliwość dla ludzi w sile wieku i sprawnych fizycznie, szczególnie uprawiających intensywne formy rekreacji ruchowej i turystykę pieszą. W przebiegu rocznym dni takie mogą się pojawiać od kwietnia do września, a w niektórych regionach – także pod koniec marca i w pierwszej połowie października (Krawczyk

2001). W skali roku najczęściej dni o co najmniej silnym stresie termiczno-wilgotnościowym występuje w regionie Karpackim, gdzie stanowią one aż 52% dni w Krynicy, 46% dni w Piwnicznej i 42% dni w Rabce. Dla kontrastu można stwierdzić, że w regionie Nadmorskim udział dni parnych nie przekracza 10%. Region Karpacki odznacza się także największym odsetkiem dni (2–9%) o bardzo silnym natężeniu uczucia parności, które jest tolerowane tylko przez niewielką grupę osób, a dla większości turystów może to stanowić poważne zagrożenia zdrowia (tab. 29).

Tabela 29. Częstość (%) stanów parności o różnym natężeniu o godz. 12⁰⁰ UTC, 1971–1990, (Kozłowska-Szczęsna i in. 2002)

Miejscowość	brak obciążenia cieplnego	łagodny lub umiarkowany stres ciepła	silny stres ciepła	bardzo silny stres ciepła	maksymalny tolerowany stres ciepła	Niebezpieczeństwo przegrzania
Region Nadmorski						
Świnoujście	75,7	22,4	1,7	0,1	.	.
Kamień Pomorski	61,2	28,8	7,9	1,4	0,2	0,6
Kołobrzeg	66,3	29,5	4,0	0,2	.	.
Ustka	71,3	24,3	4,2	0,1	.	.
Gdynia	76,9	19,3	2,8	0,5	0,1	0,3
Region Pojezierny						
Polczyn Zdrój	57,1	29,9	10,6	1,6	0,4	0,4
Region Centralny						
Inowrocław	45,3	36,6	15,5	2,1	0,3	0,1
Ciechocinek	54,0	33,3	11,0	1,4	0,2	0,2
Wieniec Zdrój	34,6	40,4	20,0	3,0	0,6	1,4
Region Południowo-wschodni						
Nałęczów	35,7	39,5	16,5	5,0	0,9	2,5
Region Świętokrzysko-malopolski						
Szaniec	51,4	34,1	13,0	1,2	0,1	0,3
Region Sudecki						
Świeradów Zdrój	46,9	33,6	15,1	3,2	0,7	0,5
Szczawno Zdrój	57,4	33,8	7,6	1,0	0,2	0,1
Kudowa Zdrój	37,5	39,8	18,5	3,0	0,5	0,7
Polanica Zdrój	43,2	41,0	14,5	1,0	0,2	0,1
Duszniki Zdrój	56,0	31,1	8,4	3,4	0,6	0,4
Długopole Zdrój	52,7	37,2	8,4	1,3	0,2	0,2
Łądek Zdrój	41,5	40,9	15,5	1,6	0,2	0,3
Region Karpacki						
Rabka Zdrój	23,7	33,4	28,7	9,7	2,0	2,5
Szczawnica	36,8	35,0	21,4	4,4	0,8	1,4
Piwniczna Zdrój	16,4	37,0	33,7	9,4	1,7	1,7
Żegiestów Zdrój	33,8	39,9	13,2	8,1	2,0	3,0
Muszyzna	28,9	40,7	22,5	5,9	0,8	1,3
Krynica Zdrój	20,7	27,2	25,3	17,9	3,8	5,1
Wysowa	67,4	29,6	2,7	0,3	0,0	0,1
Iwonicz Zdrój	39,3	36,7	19,0	3,2	0,7	1,0

8.1.3. BODŹCE MECHANICZNE

Spośród bodźców mechanicznych należy zwrócić uwagę na prędkość wiatru oraz zmiany ciśnienia atmosferycznego. Największe średnie prędkości wiatru są obserwowane w regionie Nadmorskim. Wynoszą tam one od $3,4 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ (w Kołobrzegu w sierpniu) do około $6 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ (w listopadzie w Gdyni). W regionach górskich, Sudeckim i Karpackim, prędkość wiatru w ciągu dnia jest silnie zróżnicowana i może się wahać od niespełna 1 do około $5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. Tak silne zróżnicowanie prędkości wiatru, zarówno przestrzenne jak i czasowe, jest spowodowane bardzo urozmaiconą rzeźbą terenu, która w pewnych sytuacjach synoptycznych może wyciszać ruch powietrza, a w innych – tworzyć tzw. efekt tunelowy, zwielokrotniający prędkość wiatru wiejącego wzdłuż osi dolin i obniżęń (tab. 30).

Wiatry o prędkości ponad $8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ są odczuwane przez człowieka jako uciążliwe, a w niektórych przypadkach mogą utrudniać lub uniemożliwiać rekreację i turystykę. Dni z wiatrem silnym najczęściej występują w regionie Nadmorskim (48 w Świnoujściu i 73 w roku w Gdyni). W dolinach górskich w regionie Karpackim ich liczba w roku jest bardzo urozmaicona i waha się od 0,1 (dwa dni w ciągu 20 lat) w Piwnicznej do prawie 26 w Wysowej. Podobnie silnie zróżnicowane przestrzennie są warunki wietrzne w regionie Sudeckim, gdzie roczna liczba dni z wiatrem silnym zmienia się od 5 w Kudowie do 45 w Długopolu (tab. 31).

W przypadku ciśnienia atmosferycznego uwzględnia się przede wszystkim jego zmiany międzydobowe. Im są one większe, tym większa grupa ludzi odczuwa je jako uciążliwe. W sytuacjach ekstremalnych duże wahania ciśnienia powietrza mogą prowadzić do zaburzeń pracy serca i układu krwionośnego. Największa liczba silnie i bardzo silnie odczuwanych zmian ciśnienia atmosferycznego ($>8 \text{ hPa}$ w ciągu 24 godzin) występuje w regionie Nadmorskim oraz w północnej części regionu Centralnego (Ustka i Toruń – średnio 22% dni w roku, a prawie 40% dni w grudniu). Nieco rzadziej niż w Ustce i Toruniu duże oraz bardzo duże zmiany ciśnienia obserwuje się w Polsce północno-wschodniej (Suwałki – około 20% dni rocznie).

W Warszawie duże wahania ciśnienia atmosferycznego obejmują 18% dni w roku, we Wrocławiu – 17,5%, w Jeleniej Górze i w Lublinie – 15,5%, w Krakowie – 15% i w Zakopanem niespełna 10% dni w roku. Na tej ostatniej stacji maksymalna liczba dni o dużych i bardzo dużych międzydobowych zmianach ciśnienia atmosferycznego wynosi około 20% i występuje w grudniu; latem sytuacje takie są sporadyczne (tab. 32).

Tabela 30. Średnia prędkość wiatru (m·s⁻¹) o godzinie 12⁰⁰ UTC, 1971–1990
(Kozłowska-Szczęсна i in. 2002)

Miejscowość	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Rok
Region Nadmorski													
Świnoujście	4,7	4,8	4,7	4,8	4,9	4,6	4,7	4,9	4,8	4,8	4,7	4,9	4,8
Kamień Pomorski	4,7	3,5	4,4	4,5	4,2	4,2	4,5	4,2	4,6	4,6	4,3	4,2	4,3
Kołobrzeg	4,0	3,5	4,1	4,1	3,8	3,5	3,7	3,4	3,7	3,8	4,2	4,2	3,8
Ustka	4,5	4,0	4,3	4,4	3,9	4,0	4,3	4,0	4,4	4,4	5,0	4,7	4,3
Gdynia	5,7	5,2	5,5	5,1	4,7	4,7	4,9	4,8	5,3	5,7	5,9	5,8	5,3
Region Pojezierny													
Polczyn Zdrój	3,6	3,2	3,9	3,8	3,5	3,2	3,1	2,9	3,5	3,6	3,9	3,7	3,5
Region Północno-wschodni													
Goldap	4,4	4,0	4,4	4,8	3,8	3,6	3,4	3,3	4,0	4,6	5,9	4,2	4,2
Białystok	3,7	3,4	3,4	3,1	2,6	2,4	2,2	2,0	2,4	3,0	3,5	3,5	2,9
Region Centralny													
Inowrocław	3,7	3,2	3,4	3,6	2,9	2,7	2,6	2,5	3,0	3,3	3,5	3,5	3,2
Ciechocinek	3,2	3,1	3,9	3,9	3,3	3,3	3,3	2,9	3,1	3,3	3,8	3,3	3,3
Wieniec Zdrój	2,2	2,0	2,3	2,5	2,3	2,1	1,9	1,9	2,1	2,4	2,3	2,1	2,2
Region Południowo-wschodni													
Nalęczów	3,6	3,0	3,9	4,1	3,2	3,3	2,6	2,7	3,4	3,7	3,7	3,2	3,4
Zamość	3,5	3,2	3,3	3,0	2,4	2,2	2,2	1,9	2,3	2,8	3,5	3,6	2,8
Horyniec Zdrój	2,2	2,6	3,2	2,6	2,2	2,0	2,1	2,1	2,4	2,3	2,4	1,9	2,3
Region Świętokrzysko-malopolski													
Szaniec	3,8	3,7	4,2	4,6	3,6	3,4	3,4	3,2	3,6	3,9	3,9	3,9	3,8
Pszczyna	2,7	2,6	3,1	2,9	2,4	2,2	2,1	1,9	2,2	2,5	2,9	2,6	2,5
Wieliczka	2,4	2,3	2,8	3,0	2,4	2,4	2,6	2,2	2,4	2,5	2,6	2,5	2,5
Region Sudecki													
Świeradów	3,8	2,8	3,3	2,9	3,0	2,6	2,3	2,4	2,8	3,4	3,5	4,1	3,1
Cieplice Śląskie Zdrój	3,3	3,2	4,4	3,9	3,6	3,4	3,5	3,2	3,2	3,0	3,4	3,6	3,5
Szczawno Zdrój	3,7	3,1	3,7	3,6	3,4	3,1	3,1	3,1	3,3	3,3	3,6	3,6	3,4
Kudowa Zdrój	2,0	2,1	2,5	2,4	2,2	1,9	1,9	1,9	1,9	2,2	2,1	2,1	2,1
Polanica Zdrój	3,2	2,7	3,1	3,1	2,8	2,4	2,3	2,2	2,5	2,9	2,6	3,1	2,7
Duszniki Zdrój	2,6	2,6	3,0	3,0	2,9	2,0	3,0	2,7	2,8	2,8	2,7	2,9	2,8
Długopole Zdrój	5,1	4,4	4,2	3,9	3,7	3,1	2,8	3,0	3,2	4,5	4,5	4,8	3,9
Łądek Zdrój	2,8	2,6	2,8	2,5	1,6	2,1	1,9	2,0	2,1	2,8	2,9	2,7	2,4
Region Karpacki													
Wisła	3,0	2,9	3,0	3,0	2,6	2,4	2,4	2,2	2,3	2,9	2,6	2,6	2,7
Rabka Zdrój	1,2	1,2	1,6	1,6	1,2	1,3	1,3	1,0	1,2	1,4	1,4	1,2	1,3
Szczawnica	2,1	1,9	2,4	2,6	2,2	2,1	1,9	1,7	2,0	2,3	2,1	1,9	2,1
Piwniczna Zdrój	1,1	1,2	1,4	1,6	1,4	1,3	1,1	1,0	1,0	1,2	1,1	1,0	1,2
Żegiestów Zdrój	1,7	1,8	1,9	2,2	2,0	2,0	1,9	1,9	1,9	2,0	1,7	1,7	1,9
Muszyca	1,4	1,7	2,2	2,4	2,1	2,0	1,8	1,7	1,9	1,9	1,5	1,3	1,8
Krynica Zdrój	1,1	1,1	1,3	1,4	1,2	0,9	0,8	0,8	1,0	1,1	1,0	0,9	1,1
Wysowa	4,3	4,0	4,2	4,4	4,2	4,1	4,2	3,9	3,9	4,1	4,1	4,2	4,1
Iwonicz Zdrój	3,2	2,7	2,6	2,5	2,1	1,9	1,8	1,9	2,4	2,9	3,3	3,3	2,6
Rymanów Zdrój	3,0	2,9	2,9	2,8	2,3	2,0	1,7	2,1	2,4	3,1	3,3	3,0	2,6
Solina	2,7	2,5	2,7	2,9	2,5	2,3	2,0	2,0	2,4	2,7	2,7	2,7	2,5

Tabela 31. Liczba dni z wiatrem o prędkości >8 m·s⁻¹ o godz. 12⁰⁰ UTC, 1971–1990 (Kozłowska-Szczęśna i in. 2002)

Miejscowość	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Rok
Region Nadmorski													
Gdynia	8,2	5,5	7,2	5,2	4,6	3,8	4,4	3,6	6,5	7,8	7,8	8,0	72,6
Kamień Pomorski	4,3	1,6	3,7	3,2	1,5	2,1	3,5	3,0	3,9	4,4	3,0	3,5	37,7
Kołobrzeg	2,2	1,2	1,9	1,2	0,9	0,3	0,5	0,5	0,8	1,1	2,1	1,9	14,6
Świnoujście	4,5	4,1	3,5	3,9	4,3	3,4	3,8	4,6	3,6	4,0	3,7	4,2	47,6
Ustka	3,6	1,8	2,5	1,9	1,1	1,5	2,5	1,6	2,7	2,2	3,9	3,3	28,6
Region Pojezierny													
Połczyn Zdrój	3,0	2,1	3,4	2,3	1,9	1,4	0,8	0,8	1,6	2,5	3,0	3,2	26,0
Region Północno-wschodni													
Goldap	4,2	3,0	3,7	4,8	2,0	1,6	1,6	1,4	2,9	4,6	4,5	4,0	38,3
Region Centralny													
Inowrocław	3,0	1,0	1,5	1,7	0,5	0,3	0,4	0,1	1,5	1,3	1,9	1,4	14,6
Ciechocinek	1,8	1,9	2,5	1,9	1,1	0,6	0,6	0,7	1,1	1,5	2,5	1,7	17,9
Wieniec Zdrój	0,2	0,2	.	0,4	.	0,1	.	0,1	.	0,5	0,5	2,1	2,1
Region Południowo-wschodni													
Należczów	2,6	1,8	2,2	2,9	1,7	1,5	0,7	0,6	2,5	2,7	2,7	2,1	24,0
Horyniec Zdrój	1,6	2,7	1,2	1,0	0,9	.	.	0,1	0,3	0,4	1,3	0,4	9,9
Region Świętokrzysko-malopolski													
Szaniec	4,5	2,6	3,9	4,2	1,8	1,5	1,5	1,1	1,7	3,3	3,0	4,1	33,2
Pszczyna	1,8	0,8	1,3	1,5	0,4	0,6	0,3	0,3	0,4	0,9	1,1	1,2	10,6
Wieliczka	1,2	0,6	1,2	1,2	0,2	0,4	0,8	0,2	0,4	0,8	1,0	1,0	9,0
Region Sudecki													
Świeradów Zdrój	5,6	2,6	2,9	1,3	1,6	1,2	0,8	1,1	2,3	4,3	4,3	5,4	33,4
Cieplice Śląskie Zdrój	3,7	2,6	4,7	2,3	1,6	1,3	1,3	0,9	1,5	2,1	2,6	3,8	28,4
Szczawno Zdrój	2,9	0,9	2,1	1,5	0,6	0,7	0,3	0,5	1,0	1,2	2,2	2,7	16,6
Kudowa Zdrój	0,4	0,5	1,3	0,8	0,5	.	.	0,2	0,2	0,4	0,6	0,3	5,2
Polanica Zdrój	3,8	2,4	2,0	2,0	1,0	0,8	0,6	0,4	1,1	2,4	1,6	3,2	21,3
Duszniki Zdrój	0,8	0,8	0,6	0,3	0,5	0,7	0,8	0,5	0,6	0,9	0,7	1,1	8,3
Długopole Zdrój	7,8	4,6	4,5	3,5	2,9	1,1	0,6	1,0	1,9	5,3	5,4	6,3	44,9
Łądek Zdrój	2,0	1,4	1,4	0,9	0,4	0,3	0,1	0,3	0,3	1,6	1,8	1,4	11,9
Region Karpacki													
Wisła	1,1	0,4	0,7	0,4	0,4	.	.	.	0,3	1,1	0,1	1,1	5,6
Rabka Zdrój	.	0,1	0,5	0,4	0,1	0,3	0,2	0,1	0,1	0,2	0,5	0,2	2,7
Szczawnica	1,1	0,6	0,8	1,0	0,4	0,4	0,4	0,2	0,6	1,0	1,1	0,6	8,2
Piwniczna Zdrój	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0,1	0,1
Żegiestów Zdrój	.	.	.	.	.	.	.	.	0,3	0,1	.	.	0,4
Muszyna	0,2	0,3	0,3	0,6	0,1	0,3	0,2	0,1	0,4	0,3	0,3	0,3	3,1
Krynica Zdrój	0,1	0,1	0,1	0,1	.	.	.	.	0,1	.	0,1	.	0,6
Wysowa	3,4	2,1	2,0	2,1	1,6	1,8	2,6	2,1	1,7	1,7	1,9	2,6	25,6
Iwonicz Zdrój	3,6	1,7	2,0	1,3	0,6	0,3	0,3	0,4	1,6	2,2	3,2	3,8	21,0
Rymanów Zdrój	3,8	2,1	2,6	1,5	0,7	0,3	0,1	0,1	0,6	2,6	5,0	3,6	23,0
Solina	2,4	1,4	1,5	1,9	1,1	0,4	0,3	0,3	0,7	1,4	2,3	2,1	15,8

Tabela 32. Częstość (%) międzydobowych zmian ciśnienia atmosferycznego (dp) o różnych wartościach, 1966–1992

dp (hPa)	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	ROK
Ustka													
<4,0	37,5	41,8	41,2	46,8	54,4	59,6	63,9	61,9	50,5	40,0	37,2	33,0	47,3
4,1-8,0	28,4	31,8	29,4	31,0	32,3	32,0	29,2	30,5	32,2	33,2	30,1	29,0	30,8
8,1-12,0	16,8	15,9	17,9	13,6	11,0	6,8	6,0	6,3	13,0	16,8	18,5	18,9	13,5
>12,0	17,2	10,5	11,5	8,6	2,4	1,6	1,0	1,3	4,3	9,9	14,2	19,1	8,5
Suwałki													
<4,0	40,0	42,3	44,4	50,9	61,4	67,7	70,8	67,6	53,2	42,1	39,9	34,2	51,2
4,1-8,0	28,3	31,7	29,9	31,5	27,8	27,2	25,8	26,5	32,2	32,1	28,4	29,4	29,2
8,1-12,0	15,7	15,1	14,8	11,6	8,8	4,6	2,7	5,0	11,2	16,4	17,5	19,2	11,9
>12,0	16,0	10,9	10,9	6,0	1,9	0,6	0,6	0,8	3,3	9,4	14,2	17,2	7,7
Toruń													
<4,0	37,5	41,8	41,2	46,8	54,4	63,2	67,6	65,6	54,3	43,7	40,9	36,7	49,5
4,1-8,0	28,4	31,8	29,4	31,0	32,3	28,4	25,4	26,8	28,5	29,5	26,4	25,3	28,6
8,1-12,0	16,8	15,9	17,9	13,6	11,0	6,8	6,0	6,3	12,8	16,8	18,5	18,9	13,4
>12,0	17,2	10,5	11,5	8,6	2,4	1,6	1,0	1,3	4,3	9,9	14,2	19,1	8,5
Warszawa													
<4,0	40,6	44,3	46,0	51,2	61,5	63,6	72,2	67,7	58,3	49,0	42,2	36,4	52,8
4,1-8,0	30,3	29,5	29,5	32,1	29,3	29,3	24,1	26,3	27,9	30,0	31,7	29,2	29,1
8,1-12,0	15,4	15,3	13,3	11,4	7,5	6,5	3,3	4,8	10,7	13,3	14,8	17,4	11,2
>12,0	13,6	10,9	11,2	5,3	1,7	0,6	0,4	1,2	3,1	7,8	11,2	17,0	7,0
Wrocław													
<4,0	43,2	45,7	46,7	51,5	60,3	67,7	70,4	69,8	58,9	51,0	41,2	39,7	53,8
4,1-8,0	29,7	29,5	27,5	29,6	30,0	26,2	24,6	25,1	30,6	30,0	32,6	28,8	28,7
8,1-12,0	13,7	15,2	16,8	14,6	7,8	5,6	4,3	4,5	8,1	12,1	16,7	16,8	11,4
>12,0	13,3	9,6	9,0	4,3	1,9	0,6	0,7	0,6	2,3	6,9	9,5	14,7	6,1
Lublin													
<4,0	42,3	46,9	48,6	53,2	62,5	68,0	72,8	70,5	58,6	48,6	42,1	40,3	54,5
4,1-8,0	33,2	30,4	30,1	31,6	29,5	27,9	23,4	25,0	32,0	33,2	32,3	29,6	29,9
8,1-12,0	12,7	14,9	13,7	12,1	7,0	3,7	3,5	3,9	8,0	13,3	16,4	17,0	10,5
>12,0	11,8	7,7	7,5	3,1	1,0	0,4	0,4	0,6	1,4	4,9	9,1	13,1	5,1
Kraków													
<4,0	47,0	49,5	49,8	54,9	63,1	69,5	73,6	73,5	61,2	53,2	45,1	42,2	56,9
4,1-8,0	29,3	29,9	30,5	30,6	29,4	26,0	22,3	22,9	32,2	31,4	33,2	30,2	29,0
8,1-12,0	13,1	13,0	13,1	11,5	6,5	3,7	3,7	3,2	5,6	10,6	14,2	16,4	9,5
>12,0	10,6	7,6	6,6	3,0	1,1	0,7	0,4	0,4	1,0	4,8	7,5	11,2	4,6
Jelenia Góra													
<4,0	46,7	48,1	48,1	52,5	61,6	70,4	72,4	71,2	62,1	52,6	43,5	41,9	55,9
4,1-8,0	28,4	28,4	28,3	30,9	29,6	24,3	24,0	23,9	29,1	30,7	33,7	29,0	28,4
8,1-12,0	12,9	15,5	16,2	12,7	7,4	4,9	2,9	4,5	6,4	10,9	14,4	16,8	10,5
>12,0	11,9	8,0	7,3	4,0	1,3	0,4	0,7	0,4	2,3	5,9	8,4	12,2	5,2
Zakopane													
<4,0	53,2	54,9	55,9	60,0	71,0	75,3	79,2	79,6	69,5	61,2	53,2	48,6	63,5
4,1-8,0	29,2	30,7	29,5	30,1	24,9	22,3	19,4	18,9	27,2	28,2	31,5	31,3	26,9
8,1-12,0	10,3	9,8	10,3	8,4	3,7	2,1	1,3	1,4	3,0	8,4	11,0	12,3	6,8
>12,0	7,4	4,6	4,3	1,5	0,5	0,2	0,1	0,1	0,4	2,3	4,3	7,8	2,8

8.1.4. ZJAWISKA ATMOSFERYCZNE

Zjawiska atmosferyczne należą do grupy elementów meteorologicznych, które mogą istotnie zakłócać lub wręcz uniemożliwiać korzystanie z rekreacji i turystyki. Do najważniejszych, z tego punktu widzenia, należą opady atmosferyczne (ich wysokość, a zwłaszcza częstość występowania), mgły i burze. Wysokość opadów atmosferycznych w Polsce wynosi 500–700 mm w ciągu roku w regionach: Nadmorskim, Pojeziernym, Centralnym oraz Północno- i Południowo-wschodnim. W regionie Świętokrzysko-małopolskim ilość opadów wzrasta do 780 mm rocznie, a w regionach górskich, Sudeckim i Karpackim, przekracza lokalnie nawet 1100 mm rocznie (tab. 33).

W przebiegu rocznym dominują opady półrocza ciepłego, które w Polsce południowej mogą nawet dwukrotnie przewyższać sumę opadów półrocza chłodnego (Błażejczyk 1985). Kulminacja opadów przypada w miesiącach letnich, kiedy to dominują krótkotrwałe, choć niekiedy obfite, opady pochodzenia konwekcyjnego (związane z silnym wypiętrzaniem się chmur kłębiastych typu *Cumulus*). Regionalne zróżnicowanie opadów atmosferycznych jest widoczne, gdy analizujemy zimowy i letni sezon turystyczny. W pierwszym z nich najmniejsze sumy opadów obserwuje się wzdłuż wybrzeża Bałtyku oraz w regionach: Sudeckim i Karpackim. Najmniej opadów notuje się wtedy w regionie Centralnym. W sezonie letnim dużymi sumami opadu charakteryzują się regiony górskie oraz region Świętokrzysko-małopolski. Najuboższy w opady jest w tym okresie region Nadmorski (ryc. 87).

Na warunki rekreacji i turystyki wpływa także liczba dni z opadem równym lub większym od 0,1 mm. Waha się od około 130 rocznie w regionie Centralnym do około 200 w regionach Sudeckim i Karpackim. W przebiegu rocznym zaznacza się nieco częstsze pojawianie się dni z opadem w półroczu chłodnym niż w półroczu ciepłym. Należy pamiętać, że częste występowanie opadów późną jesienią i zimą jest powiązane z ich małą intensywnością, ale jednocześnie – z długim czasem trwania, wynoszącym niekiedy kilka kolejnych dni (Błażejczyk 1985). Sytuacje takie są najpowszechniej obserwowane w regionie Nadmorskim i w regionach górskich, gdzie w listopadzie, grudniu i/lub w styczniu opad o dobowej sumie $\geq 0,1$ mm występuje przez 18–20 dni w miesiącu.

Pod względem liczby dni z opadem pozytywnie wyróżnia się region Centralny, gdzie zarówno w sezonie zimowym, jak i w sezonie letnim jest ich najmniej. Kontrastowe warunki panują w regionach górskich, gdzie liczba dni z opadem jest wysoka zimą i latem. Latem najwięcej dni opadowych występuje w regionie Karpackim, a w sezonie zimowym – nad Bałtykiem (ryc. 88).

Tabela 33. Suma opadów atmosferycznych (mm), 1971–1990
(Kozłowska-Szczęsna i in. 2002)

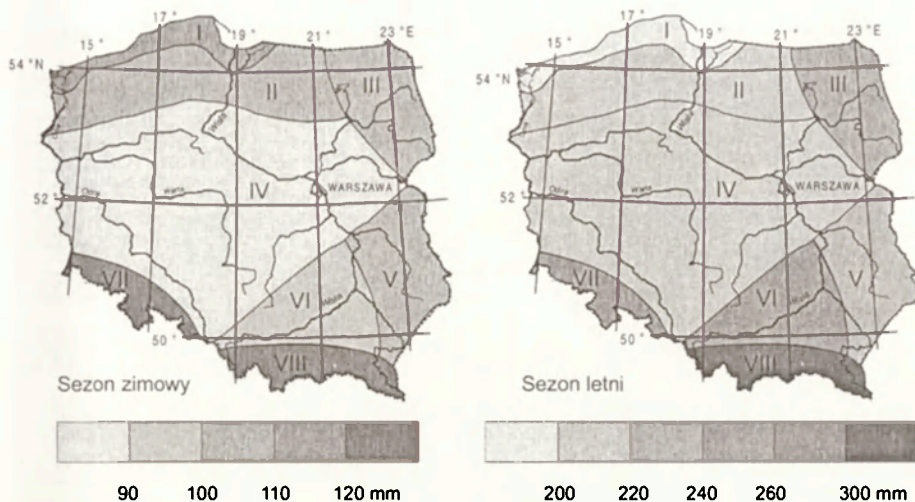
Miejscowość	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Rok
Region Nadmorski													
Świnoujście	40	33	42	44	45	52	49	40	46	42	40	43	516
Kamiień Pomorski	48	27	40	38	39	62	74	70	51	59	55	60	623
Uszka	53	34	39	36	38	55	82	65	81	80	82	57	702
Kołobrzeg	50	30	39	36	42	67	91	64	67	59	63	57	665
Gdynia	27	20	24	28	38	54	66	55	50	45	45	40	492
Region Pojezierny													
Polczyn Zdrój	45	27	33	37	43	78	80	62	57	54	61	51	628
Region Północno-wschodni													
Gołdap	42	23	32	36	50	83	90	78	62	53	49	48	646
Białystok	44	28	36	33	57	81	103	65	58	50	46	54	655
Region Centralny													
Inowrocław	33	24	28	24	46	64	81	61	42	34	35	37	509
Ciechocinek	33	24	27	25	52	77	91	64	40	47	40	41	561
Wieniec Zdrój	30	17	29	22	38	68	86	51	38	58	45	37	519
Region Południowo-wschodni													
Naleczów	35	25	28	32	59	84	49	66	50	45	31	36	540
Zamość	42	27	34	45	58	95	93	65	58	43	42	53	655
Horyniec Zdrój	37	56	44	37	62	85	90	70	44	39	58	52	674
Region Świętokrzysko-malopolski													
Szaniec	24	18	26	33	57	78	77	85	48	41	29	28	544
Pszczyna	40	39	43	63	84	101	96	98	69	50	48	50	781
Wieliczka	39	32	37	53	88	110	84	91	64	47	42	46	733
Region Sudecki													
Świeradów Zdrój	93	58	73	87	93	122	142	130	88	82	94	113	1175
Cieplice Śląskie Zdrój	33	24	30	47	62	80	94	80	48	38	39	38	613
Szczawno Zdrój	31	28	31	48	66	89	92	89	54	42	46	40	656
Kudowa Zdrój	40	26	29	40	56	82	85	83	54	37	40	46	618
Polanica Zdrój	42	33	35	47	67	94	98	78	50	50	51	54	699
Duszniki Zdrój	50	43	49	53	71	101	107	87	58	56	66	66	807
Długopole Zdrój	53	42	42	53	74	100	101	88	67	58	70	64	812
Lądek Zdrój	39	36	40	61	90	117	121	106	68	46	53	47	824
Region Karpacki													
Wisła	77	60	61	83	113	143	143	143	102	69	81	90	1165
Rabka Zdrój	51	42	42	61	94	126	123	114	77	56	49	59	894
Szczawnica	48	31	41	58	91	125	105	109	73	47	49	55	832
Piwniczna Zdrój	41	32	39	61	92	110	105	100	76	49	50	50	805
Żegiestów Zdrój	44	29	38	56	100	105	110	94	75	48	46	52	797
Muszyna	42	28	35	51	89	97	105	83	67	45	42	52	736
Krynica Zdrój	48	33	39	57	99	121	100	92	72	51	49	58	819
Wysowa	43	34	38	58	102	116	110	97	71	50	47	57	823
Iwonicz Zdrój	38	32	42	59	96	127	125	95	82	56	47	57	858
Rymanów Zdrój	40	48	54	63	103	111	132	136	62	64	62	55	930
Solina	42	30	56	61	93	114	130	92	82	50	46	60	856

Mgła jest zjawiskiem atmosferycznym negatywnie wpływającym na wiele dziedzin działalności człowieka, począwszy od dezorganizacji ruchu drogowego po utrudnienia w korzystaniu z rekreacji i turystyki, aż do zagrożenia zdrowia człowieka. W bioklimatologii człowieka przyjmuje się, że w miejscowościach wypoczynkowych i uzdrowiskowych liczba dni z mgłą w roku

Tabela 34. Liczba dni z opadem $>0,1$ mm, 1971–1990
(Kozłowska-Szczęśna i in. 2002)

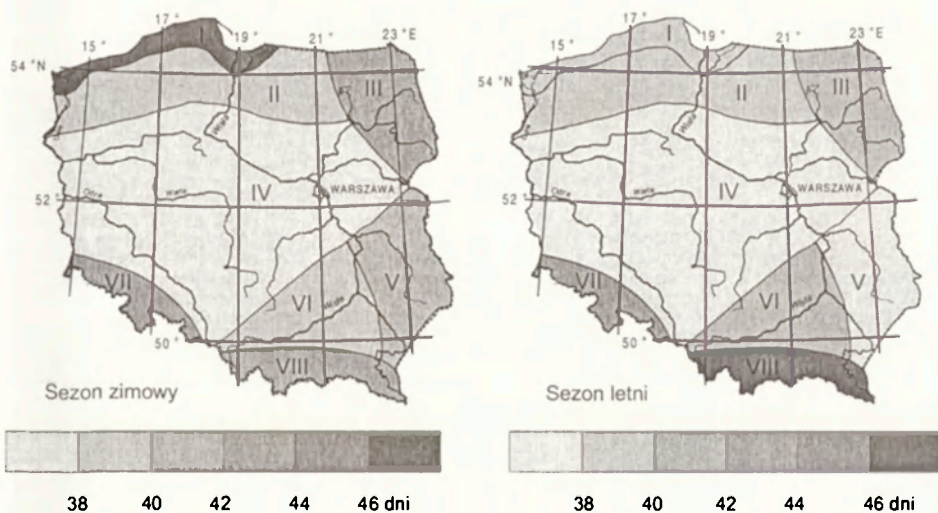
Miejscowość	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Rok
Region Nadmorski													
Świnoujście	17,7	14,2	14,9	12,0	11,0	12,5	12,9	11,5	13,1	13,9	17,0	18,4	169,1
Kamień Pomorski	17,2	12,6	12,7	11,1	10,3	11,5	13,4	11,8	13,2	15,2	17,0	17,9	163,9
Ustka	19,0	14,5	15,1	11,9	9,6	12,5	13,7	13,0	15,5	15,9	18,9	19,4	179,0
Kołobrzeg	18,5	13,6	15,8	12,5	11,8	12,9	15,0	12,8	15,1	15,5	19,0	18,9	181,4
Gdynia	17,6	14,2	14,2	13,2	10,4	11,9	14,4	12,2	15,2	13,8	17,6	18,8	173,5
Region Pojezierny													
Polczyn Zdrój	15,0	10,3	13,1	10,3	10,9	13,3	14,6	12,1	14,3	13,4	15,9	15,2	158,4
Region Północno-wschodni													
Gołdap	15,4	11,5	12,5	10,2	11,2	14,4	15,2	12,4	14,4	12,8	13,9	16,5	160,4
Białystok	18,5	14,0	13,2	11,6	11,9	14,4	14,4	12,3	12,4	13,2	16,2	18,8	170,9
Region Centralny													
Ciechocinek	15,8	12,1	11,5	9,8	10,9	12,9	13,7	12,3	11,8	11,7	14,4	16,4	153,3
Inowrocław	15,2	11,1	11,8	9,3	10,0	12,6	14,0	12,1	12,3	12,4	13,6	15,8	150,2
Wieniec Zdrój	12,9	8,6	9,4	8,6	9,3	10,1	12,9	9,9	10,0	12,2	14,0	13,5	131,4
Region Południowo-wschodni													
Należców	15,3	11,9	12,1	11,7	12,9	14,5	11,9	10,8	12,4	11,7	12,8	16,7	154,7
Zamość	13,6	11,0	11,8	11,4	13,3	13,8	13,3	10,2	11,4	10,5	13,5	16,4	150,2
Horyniec Zdrój	14,1	15,4	14,9	10,8	15,0	13,1	13,0	11,9	9,7	9,7	13,8	16,1	157,5
Region Świętokrzysko-malopolski													
Szaniec	11,6	10,1	10,1	10,1	11,8	13,5	13,3	11,9	11,4	10,3	10,8	13,1	138,0
Pszczyna	15,4	13,3	14,4	14,4	14,2	16,8	14,4	13,5	13,4	12,6	14,8	17,2	174,4
Wieliczka	14,6	12,4	12,8	12,4	13,0	14,9	13,0	12,0	11,9	10,6	14,2	16,8	158,6
Region Sudecki													
Świeradów Zdrój	17,9	15,1	18,1	16,8	16,4	18,8	16,4	14,8	16,2	15,0	18,7	19,1	203,3
Cieplice Śląskie Zdrój	13,5	12,4	14,2	13,7	14,1	15,0	14,4	13,4	12,3	10,7	14,3	15,5	163,5
Szczawno Zdrój	16,1	14,7	15,5	14,5	14,3	17,5	14,8	14,2	13,4	12,2	15,7	18,0	180,9
Długopole Zdrój	16,3	14,5	15,9	14,0	14,0	15,3	13,4	12,5	12,7	11,4	15,7	17,5	173,2
Duszniki Zdrój	15,9	14,1	16,4	14,5	13,8	15,9	14,3	13,3	13,0	12,2	16,2	17,4	177,0
Kudowa Zdrój	16,5	12,3	14,0	13,3	12,8	15,3	14,1	13,6	13,3	10,1	14,7	18,1	168,1
Lądek Zdrój	16,3	14,6	15,4	14,5	14,9	16,4	15,4	13,8	14,2	11,9	15,3	17,3	180,0
Polanica Zdrój	15,8	13,2	14,9	13,7	14,1	16,2	14,4	13,4	13,1	13,0	15,8	16,8	174,4
Region Karpacki													
Wisła	16,9	14,0	16,0	16,6	16,0	18,6	16,3	14,9	15,0	13,0	16,2	18,2	191,7
Rabka Zdrój	16,1	13,5	15,0	15,6	15,7	17,6	15,6	14,6	13,4	11,8	15,2	16,3	180,4
Szczawnica	14,7	12,5	14,4	14,6	15,3	17,5	15,5	13,5	13,7	11,2	14,8	16,1	173,8
Piwniczna Zdrój	14,5	13,7	15,1	15,0	16,3	17,9	16,0	15,0	13,9	12,3	15,4	16,6	181,7
Żegiestów Zdrój	14,5	13,3	14,5	15,2	15,7	17,5	15,6	15,1	13,8	12,1	15,4	17,0	179,7
Muszyna	14,6	12,6	14,2	14,0	14,7	16,8	15,3	13,9	12,5	11,7	14,0	16,3	170,6
Krynica Zdrój	15,6	14,1	15,6	15,5	16,5	17,7	16,1	14,9	14,3	12,0	15,6	17,7	185,6
Wysowa	16,2	14,7	15,5	16,0	16,7	17,8	16,2	14,8	15,5	13,8	16,7	18,5	192,4
Iwnicz Zdrój	13,4	11,3	12,7	13,6	14,3	16,6	14,9	13,1	13,7	12,2	13,8	15,2	164,8
Rymanów Zdrój	14,7	13,5	14,9	12,0	15,7	14,5	13,6	13,8	11,7	11,9	13,4	15,4	165,1
Solina	16,6	12,9	15,4	14,6	15,1	17,8	14,9	13,8	13,1	11,2	13,9	17,9	177,2

nie powinna przekraczać 50 w okresie od października do marca i 15 w okresie od kwietnia do września (Kozłowska-Szczęśna i in. 2002). Norma ta jest zachowywana na większości obszaru Polski. Jedynie lokalnie w górach oraz w pobliżu dużych aglomeracji miejskich dni z mgłą, zwłaszcza w okresie chłodnym, jest znacznie więcej niż 50, czego przykładem może być Wieliczka



Ryc. 87. Sezonowe sumy opadów atmosferycznych (legenda p. ryc. 81)

Seasonal totals of precipitations (for explanations see Fig. 81)



Ryc. 88. Średnia liczba dni z opadem atmosferycznym $>0,1$ mm (legenda p. ryc. 81)

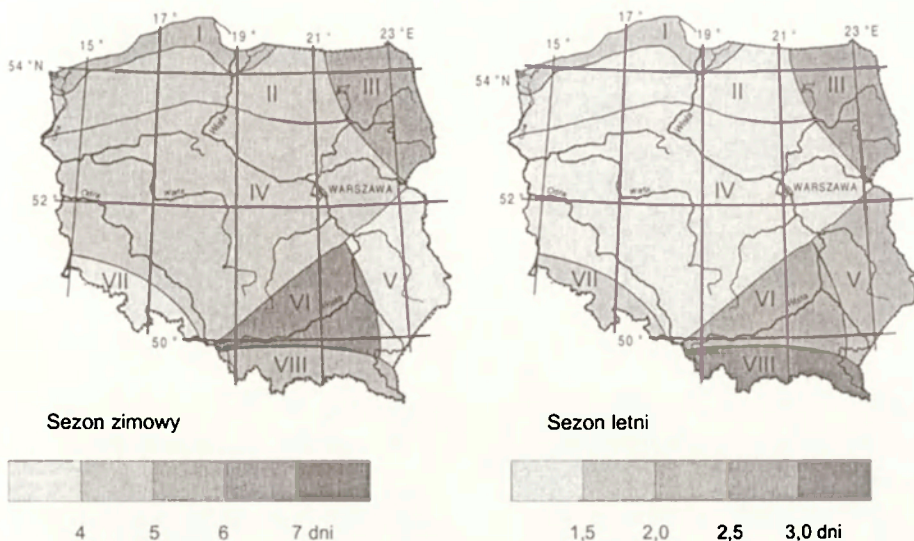
Mean number of the days with precipitations >0.1 mm (for explanations see Fig. 81)

(tab. 35). Ogólnie biorąc roczna liczba dni z mgłą waha od 35–50 w regionie Nadmorskim do 45–85 w regionie Karpackim i ponad 115 w pobliżu aglomeracji krakowskiej.

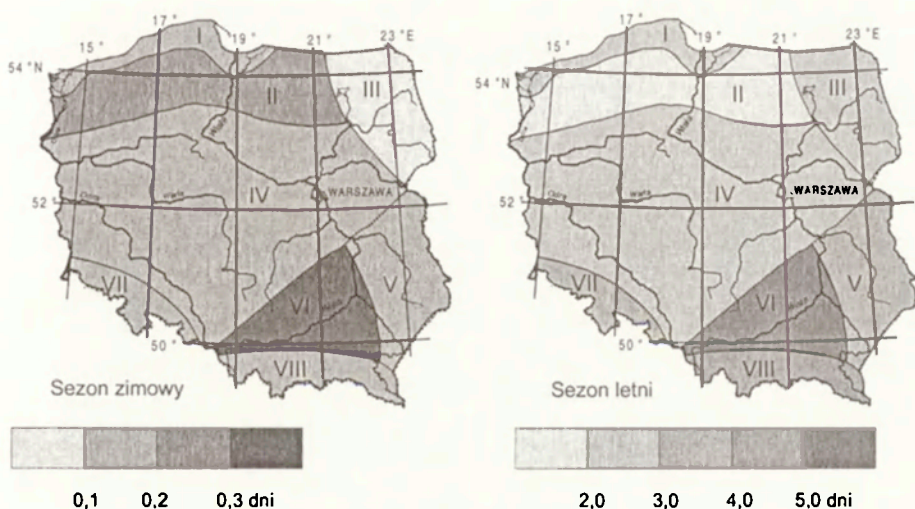
Tabela 35. Liczba dni z mgłą, 1971–1990 (Kozłowska-Szczęsna i in. 2002)

Miejscowość	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Rok
Region Nadmorski													
Świnoujście	6,0	6,1	5,0	4,2	1,3	1,3	0,7	1,0	2,6	4,5	5,0	4,6	42,3
Kamień Pomorski	4,9	3,9	3,9	3,1	0,9	1,4	1,4	1,1	3,4	4,1	5,8	3,8	37,7
Ustka	3,4	4,8	4,1	3,4	2,3	2,9	1,8	1,9	1,9	2,8	2,1	2,9	34,3
Kołobrzeg	6,1	6,5	6,0	5,0	3,2	3,1	1,6	1,6	2,2	4,8	5,4	5,0	50,5
Gdynia	5,0	7,3	7,0	5,4	2,6	1,9	1,2	0,9	1,9	4,7	3,9	4,8	46,6
Region Pojezierny													
Połczyn Zdrój	4,1	5,3	3,6	2,1	0,7	1,1	1,1	1,9	3,1	5,1	4,0	3,3	35,4
Region Północno-wschodni													
Goldap	5,7	7,5	6,3	4,5	2,9	2,0	1,9	3,7	6,0	8,2	9,6	9,1	67,4
Białystok	5,4	5,6	6,4	3,4	2,2	3,0	2,8	3,4	6,6	7,6	6,6	7,3	60,3
Region Centralny													
Inowrocław	5,3	4,7	5,1	2,3	0,3	0,3	0,4	1,2	2,6	5,9	7,5	4,9	40,5
Ciechocinek	3,4	4,7	4,7	1,7	0,7	0,9	0,5	2,5	4,4	7,1	5,1	3,9	39,6
Wieniec Zdrój	3,5	5,3	4,1	1,4	0,3	1,0	0,3	2,4	5,1	7,1	5,8	3,4	39,7
Region Południowo-wschodni													
Nalęczów	3,4	2,4	1,6	1,2	0,7	0,6	0,4	1,2	2,4	3,6	2,8	2,4	22,7
Zamość	3,4	3,8	3,6	3,2	4,4	3,6	3,0	5,0	8,0	7,2	4,2	3,6	53,0
Horyniec Zdrój	2,8	4,1	3,0	1,1	1,4	0,7	1,1	2,1	3,6	5,4	3,6	4,3	33,2
Region Świętokrzysko-malopolski													
Szaniec	4,8	5,2	4,2	2,3	1,7	1,0	1,8	2,5	6,5	7,8	5,7	4,8	48,3
Pszczyna	7,3	6,8	4,6	3,7	1,5	1,0	1,0	1,7	7,1	9,4	6,5	5,7	56,3
Wieliczka	12,8	11,8	10,2	8,8	6,5	5,1	5,4	6,4	12,0	14,4	13,6	10,8	117,8
Region Sudecki													
Świeradów Zdrój	2,1	3,8	2,6	2,1	1,9	1,0	0,7	1,3	2,0	2,0	2,9	2,2	24,6
Cieplice Śląskie Zdrój	2,3	3,2	2,2	1,6	0,3	0,5	0,5	1,7	4,1	6,0	3,9	3,2	29,5
Szczawno Zdrój	1,9	3,1	2,3	1,9	1,0	0,9	0,7	1,2	1,5	2,2	1,9	1,7	20,3
Kudowa Zdrój	1,5	2,1	2,3	1,1	0,7	0,5	1,5	2,5	3,9	4,2	2,7	1,5	24,5
Polanica Zdrój	2,2	3,2	4,6	3,9	2,5	2,0	1,3	3,5	4,7	5,9	4,0	3,0	40,8
Długopole Zdrój	9,1	9,0	8,4	7,5	4,7	4,1	3,2	5,7	8,7	8,2	7,5	6,0	82,1
Duszniki Zdrój	2,4	4,2	3,5	2,2	1,2	0,7	0,6	0,7	2,0	3,5	3,6	2,9	27,5
Łądek Zdrój	3,1	4,5	4,4	4,4	1,4	1,6	1,5	2,5	3,9	3,7	4,2	3,4	38,6
Region Karpacki													
Wisła	6,3	5,6	4,6	4,3	2,3	2,7	2,6	3,1	5,0	6,0	5,8	6,1	54,4
Rabka Zdrój	5,1	6,7	7,1	5,7	4,9	3,8	5,0	7,1	9,8	8,0	5,7	3,5	72,4
Szczawnica	4,4	4,4	5,2	4,3	3,8	4,3	3,8	7,6	9,0	6,1	5,7	3,8	62,4
Piwniczna Zdrój	6,4	6,1	6,7	4,7	4,6	3,5	4,2	9,5	11,9	8,8	6,2	6,0	78,6
Muszyna	3,7	3,9	6,4	3,9	3,8	2,9	5,8	12,7	12,2	10,0	6,3	4,1	75,7
Krynica Zdrój	7,8	6,8	6,7	4,8	3,7	3,1	3,9	8,8	11,4	11,6	9,1	8,5	86,2
Wysowa	5,5	5,2	4,1	2,3	1,5	0,8	0,8	1,8	4,2	5,2	7,0	7,2	45,6
Iwonicz Zdrój	5,8	5,5	7,9	6,6	6,8	6,2	6,0	6,1	8,9	8,1	7,9	5,9	81,7
Solina	4,3	4,3	5,4	4,9	5,5	4,9	4,6	7,2	7,8	5,6	5,1	3,8	63,4

Porównując liczbę dni z mgłą na obszarze Polski można zauważyć, że w regionach: Północno-wschodnim i Świętokrzysko-malopolskim jest ich stosunkowo dużo, zarówno w sezonie zimowym, jak i letnim. W regionie Karpackim dni z mgłą są częste latem, natomiast rzadkie – w sezonie zimowym (ryc. 89).



Ryc. 89. Średnia liczba dni z mgłą (legenda p. ryc. 81)
 Mean number of foggy days (for explanations see Fig. 81)



Ryc. 90. Średnia liczba dni z burzą (legenda p. ryc. 81)
 Mean number of thunderstorm days (for explanations see Fig. 82)

Liczba dni z burzą w całym sezonie zimowym nie przekracza w żadnym z regionów wartości 0,4. Latem zróżnicowanie regionalne jest znaczne. Z największą liczbą dni burzowych należy się liczyć w regionie Świętokrzysko-małopolskim (ponad 5) oraz Karpackim (4–5). Najrzadziej dni z burzą pojawiają się natomiast w regionie Pojeziernym (poniżej 2 w sezonie) (ryc. 90).

Tabela 36. Liczba dni z burzą, 1971–1990 (Kozłowska-Szczęsna i in. 2002)

Miejscowość	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Rok
Region Nadmorski													
Świnoujście	.	0,1	0,2	0,6	3,2	3,1	3,5	3,1	1,1	0,5	0,1	0,1	15,6
Kamień Pomorski	.	.	0,1	0,2	1,4	1,5	1,3	1,6	0,6	0,3	.	0,2	7,2
Ustka	0,1	0,1	0,1	0,7	2,8	2,4	3,3	2,9	1,8	1,2	0,5	.	15,9
Kołobrzeg	0,1	0,1	0,2	0,8	3,2	3,7	3,5	3,2	1,6	0,5	0,5	0,1	17,5
Gdynia	0,1	0,1	0,1	0,7	2,7	3,0	2,9	2,3	0,7	0,2	0,2	0,2	13,2
Region Pojezierny													
Polczyn Zdrój	.	.	0,2	0,9	1,9	2,1	2,0	1,9	0,5	0,1	0,3	0,1	10,0
Region Północno-wschodni													
Gołdap	.	.	.	0,6	1,4	2,7	2,1	1,6	0,3	.	.	.	8,7
Białystok	0,1	0,1	0,1	0,7	3,0	4,4	4,2	2,4	0,6	0,1	0,1	.	15,8
Region Centralny													
Inowrocław	.	.	0,2	0,3	2,1	2,8	3,3	2,4	0,8	0,3	0,1	0,1	12,4
Ciechocinek	.	.	0,1	0,3	2,8	3,9	4,1	3,4	0,6	0,3	0,1	0,1	15,7
Wieniec Zdrój	0,1	.	0,2	0,1	1,1	1,4	1,9	1,8	0,3	0,3	.	.	7,2
Region Południowo-wschodni													
Nalęczów	0,2	0,1	0,2	1,1	3,3	5,2	4,9	3,7	0,9	0,3	.	0,2	20,1
Zamość	0,1	.	0,1	1,0	3,9	5,0	5,2	3,6	1,3	0,2	0,1	.	20,5
Horyniec Zdrój	.	.	0,1	0,5	1,0	1,2	1,7	1,4	0,3	.	.	.	6,2
Region Świętokrzysko-malopolski													
Pszczyna	.	.	0,4	1,1	5,2	5,8	4,6	4,8	1,1	0,2	0,2	.	23,4
Wieliczka	0,2	0,2	0,4	0,7	5,1	6,6	6,3	5,4	1,7	0,3	0,3	0,4	27,6
Region Sudecki													
Świeradów Zdrój	0,1	0,1	0,5	0,8	3,9	4,5	3,9	3,7	1,3	0,2	.	0,1	19,1
Cieplice Śląskie Zdrój	.	0,1	0,5	0,6	3,2	3,8	3,7	2,9	0,8	0,2	.	.	15,8
Szczawnó Zdrój	0,1	0,1	0,3	0,9	3,6	4,6	4,3	4,0	0,7	0,5	.	0,1	19,2
Kudowa Zdrój	0,1	0,1	0,1	0,4	2,7	3,5	3,1	2,1	0,6	0,3	.	0,1	13,1
Polanica Zdrój	0,1	0,1	0,2	0,4	3,6	6,1	5,0	4,2	1,0	0,9	0,2	0,1	21,9
Duszniki Zdrój	0,1	0,1	.	0,4	2,8	3,6	3,7	2,5	0,6	0,3	0,1	.	14,2
Długopole Zdrój	0,1	0,1	0,2	0,6	3,5	5,9	4,5	3,8	1,0	0,3	0,1	0,1	20,2
Łądek Zdrój	.	.	0,1	0,3	3,2	4,3	4,1	3,2	0,6	0,2	0,1	0,1	16,2
Region Karpacki													
Wisła	0,1	0,1	0,3	0,6	3,3	4,3	3,0	2,9	1,2	0,2	0,1	0,1	16,2
Rabka Zdrój	.	.	0,2	1,0	3,6	4,6	3,8	3,1	0,9	0,2	0,1	0,1	17,6
Szczawnica	0,1	.	.	1,1	5,0	5,6	4,1	5,0	1,0	0,2	0,1	.	22,2
Piwniczna Zdrój	0,1	0,1	0,1	1,3	6,0	7,1	5,6	6,1	1,9	0,3	0,1	.	28,7
Żegiestów Zdrój	.	.	0,1	0,8	3,9	4,9	4,3	4,6	0,8	0,2	0,1	.	19,7
Muszyzna	.	.	0,2	1,2	5,3	5,2	4,6	4,3	1,5	0,2	0,1	.	22,6
Krynica Zdrój	.	.	0,1	0,7	4,4	4,8	4,3	4,3	1,1	0,2	0,1	.	20,0
Wysowa	0,1	.	0,1	1,2	3,9	4,6	4,2	3,9	1,1	0,2	.	0,1	19,4
Iwonicz Zdrój	0,1	0,1	0,5	0,9	3,7	5,4	4,8	3,9	1,4	0,3	0,1	0,1	21,3
Rymanów Zdrój	.	.	0,2	1,8	4,6	5,8	5,0	4,9	2,9	0,3	0,2	.	25,7
Solina	0,1	.	0,2	0,8	4,3	5,1	4,3	3,4	1,3	0,2	.	0,1	19,8

Występowanie burz wiąże się z silnym wypiętrzaniem chmur kłębiastych, spowodowanym bądź to czynnikami termicznymi podłoża, bądź też przemieszczaniem się frontów atmosferycznych. Burze połączone są najczęściej z intensywnymi opadami atmosferycznymi (Woś 1999) i są zjawiskiem lokalnym. W wybranych do opracowania stacjach meteorologicznych roczna liczba dni z burzą wahała się od około 6 w Horyńcu do blisko 29 w Piwnicz-

nej. Potwierdzeniem lokalnego występowania burz jest porównanie danych z sąsiadujących ze sobą stacji leżących na Kujawach (Inowrocław, Ciechocinek i Wieniec), w Kotlinie Kłodzkiej (Kudowa, Polanica, Duszniki) i w Dolinie Popradu (Piwniczna, Żegiestów, Muszyna), gdzie różnice dochodzą do 10 dni z burzą w skali roku. Należy dodać, że z uwagi na w większości konwekcyjną genezę burz, dominują one w okresie letnim. Niemniej w każdym z regionów Polski ze sporadycznym występowaniem burz należy się liczyć także zimą (tab. 36).

8.2. WARUNKI BIOTERMICZNE

8.2.1. TEMPERATURA ODCZUWALNA

Temperaturę odczuwalną scharakteryzowano za pomocą wskaźnika *STI*. Ilustruje on odczucia ciepłe człowieka ukształtowane w wyniku aktywnego dostosowywania się organizmu do warunków atmosferycznych panujących w jego otoczeniu. Posłużono się wartościami średnimi i ekstremalnymi *STI* oraz częstością wartości *STI* w różnych przedziałach odpowiadających różnej odczuwalności cieplnej człowieka.

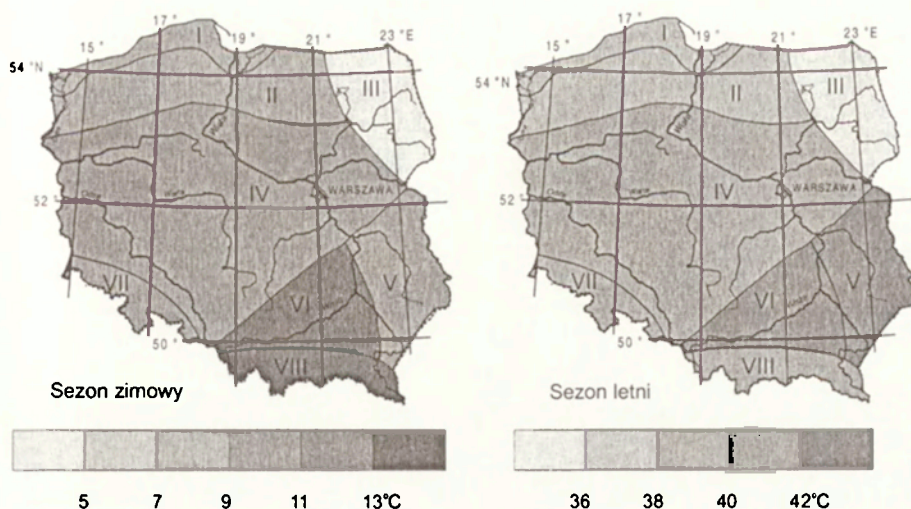
Średnie wartości *STI* wahają się na obszarze Polski od 3–6°C w grudniu i styczniu do 35–45°C w miesiącach letnich (tab. 37). Istnieją oczywiście różnice regionalne w wartościach temperatury odczuwalnej. Najniższe jej wartości przez cały rok występują w regionach: Nadmorskim i Pojeziernym. Stosunkowo niskie wartości *STI* obserwuje się także w regionie Sudeckim, gdzie latem kształtuje się ona na poziomie 37–42°C. Na uwagę zasługują miejscowości położone w regionie Karpackim, gdzie temperatura odczuwalna jest najmniej zróżnicowana sezonowo; zimą wartości *STI* wynoszą średnio od 10 do 14°C, natomiast latem – od 41 do 44°C. Najniższa temperatura odczuwalna jest notowana w wysokich partiach gór (np. Hala Gąsienicowa).

Analizując syntetyczny obraz zróżnicowania regionalnego temperatury odczuwalnej w Polsce wyraźnie zaznacza się region Północno-wschodni, gdzie zarówno w sezonie zimowym, jak i w sezonie letnim wartości *STI* są niższe niż w pozostałej części kraju. Latem, niska temperatura odczuwalna jest także notowana w regionach: Nadmorskim i Pojeziernym. W obydwu badanych sezonach turystycznych najwyższe wartości *STI* są obserwowane w regionie Świętokrzysko-małopolskim. Na podkreślenie zasługuje fakt, że zimą stosunkowo wysoka temperatura odczuwalna występuje także w większości dolin regionu Karpackiego (ryc. 91).

Tabela 37. Średnie wartości temperatury odczuwalnej *STI* (°C) o godz. 12⁰⁰ UTC, 1971–1990

Miejscowość	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Rok
Region Nadmorski													
Świnoujście	4,8	10,6	17,5	25,2	35,1	37,6	40,2	40,5	32,1	22,9	11,4	5,8	23,6
Kamień Pomorski	3,4	9,8	18,1	26,0	38,4	40,4	41,7	42,3	32,9	21,7	10,8	4,1	24,1
Kołobrzeg	3,9	9,7	16,3	23,5	33,4	36,6	38,2	38,9	30,0	21,7	9,9	4,4	22,2
Ustka	4,0	9,4	17,1	24,3	34,2	36,2	38,8	40,0	30,6	22,0	10,0	4,6	22,6
Łeba	3,0	7,9	15,2	23,3	33,1	35,6	38,6	38,8	29,0	20,3	8,6	2,9	21,4
Gdynia	4,0	8,5	15,7	22,9	32,2	35,9	38,6	38,4	29,9	21,3	10,3	4,8	21,9
Region Pojezierny													
Połczyn Zdrój	3,2	8,6	16,8	25,2	36,6	38,2	38,6	38,6	30,5	21,3	8,8	4,1	22,5
Region Północno-wschodni													
Gołdap	-1,5	4,9	13,8	19,7	31,0	34,8	36,1	34,9	26,1	16,8	6,6	3,0	20,1
Region Centralny													
Ciechocinek	3,8	8,6	17,6	26,8	37,3	42,9	43,1	42,2	34,0	23,5	10,0	3,9	24,5
Inowrocław	4,2	9,8	18,1	27,3	39,4	42,1	43,5	43,3	33,4	24,4	11,0	4,3	25,1
Wieniec	6,2	13,0	23,5	30,1	41,0	45,0	44,3	45,7	36,4	23,5	12,5	6,1	27,3
Warszawa*	1,0	12,6	16,2	25,8	35,4	34,2	37,6	35,0	24,6	19,8	9,9	1,2	21,1
Region Południowo-wschodni													
Nałęczów	5,3	10,4	18,5	28,0	38,1	41,0	43,9	43,6	34,2	23,4	11,2	4,7	25,2
Region Świętokrzysko-malopolski													
Pszczyna	8,6	14,3	22,9	30,0	39,7	41,9	44,7	44,9	36,8	28,6	14,9	8,3	28,0
Szaniec	5,6	10,9	19,9	26,7	37,5	40,2	43,8	42,5	33,5	25,0	12,3	5,8	25,3
Wieliczka	8,2	13,2	22,1	29,3	37,8	40,3	42,6	43,2	35,1	27,2	14,2	7,6	26,7
Region Sudecki													
Świeradów Zdrój	8,4	13,7	21,1	27,2	36,1	38,0	40,8	41,2	33,3	26,2	13,0	7,3	25,5
Szczawno Zdrój	7,5	11,8	19,3	26,1	34,7	36,7	40,2	41,2	32,8	25,4	12,9	7,3	24,7
Długopole Zdrój	6,1	11,8	20,4	28,4	37,7	39,8	43,3	43,1	34,9	25,9	11,9	6,6	25,8
Duszniki Zdrój	5,6	10,8	18,3	26,9	35,3	37,8	40,1	41,0	32,9	25,2	11,2	5,9	24,3
Kudowa Zdrój	4,6	11,3	20,1	27,9	38,0	40,5	42,3	41,8	34,7	26,8	10,8	5,5	25,4
Łądek Zdrój	6,4	11,4	18,9	26,2	35,2	37,5	40,1	40,7	32,5	25,3	12,0	6,8	24,4
Polanica Zdrój	6,5	11,8	19,4	26,2	35,9	38,3	41,2	42,6	33,9	26,4	12,8	7,1	25,2
Głuchołazy**	11,3	14,6	21,1	29,3	37,0	39,9	44,4	44,4	35,4	27,6	15,2	9,4	27,5
Region Karpacki													
Rabka Zdrój	12,0	17,8	24,8	30,8	38,6	41,2	43,5	44,6	37,5	30,3	17,8	11,4	29,2
Szczawnica	8,7	15,0	23,0	29,0	37,9	40,4	43,5	43,1	35,1	27,5	15,0	8,8	27,2
Piwniczna Zdrój	16,2	9,9	23,6	29,4	38,3	40,9	43,6	44,2	37,9	29,3	15,9	9,3	28,2
Żegiestów Zdrój	6,8	15,0	23,3	30,0	38,3	41,4	44,6	42,8	37,1	28,1	13,4	6,1	27,2
Muszyna	8,4	14,0	22,2	27,4	36,6	39,2	42,8	42,9	36,1	27,4	13,9	7,4	26,5
Krynica Zdrój	8,5	13,7	22,6	28,8	37,2	39,8	43,0	42,0	35,1	27,1	13,2	7,3	26,5
Wysowa	3,2	10,1	19,0	25,7	34,6	36,9	40,4	40,0	33,2	23,4	9,5	2,8	23,2
Iwonicz Zdrój	5,2	11,0	19,6	25,5	35,1	37,5	39,9	40,0	32,6	23,7	10,4	4,5	23,8
Hala Gąsienicowa***	7,1	6,0	9,6	18,5	26,4	29,7	28,3	30,0	22,5	15,8	6,9	4,5	17,1

* 1994–2001, ** 1981–2000, *** 1996–2001

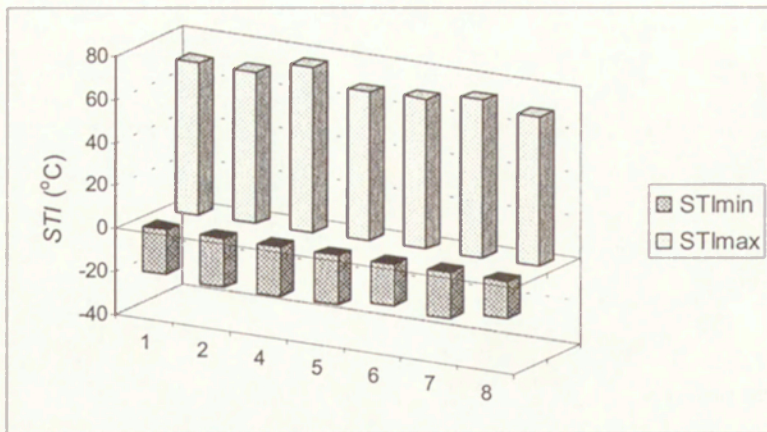


Ryc. 91. Średnie wartości temperatury odczuwalnej (*STI*) o godz. 12⁰⁰ UTC (legenda p. ryc. 81)

Mean values of subjective temperature (*STI*) at 12⁰⁰ UTC (for explanations see Fig. 81)

W przypadku temperatury odczuwalnej ważne są nie tylko jej wartości średnie, ale także ekstremalne. Wskazują one na możliwy zakres jej wahań. W poszczególnych miesiącach różnice pomiędzy najwyższą a najniższą wartością *STI*, zanotowaną w całym badanym okresie, wahają się od 38 do 60°C. Najmniejsze wahania *STI* występują w listopadzie i grudniu, a największe – wiosną. Porównując absolutne maksima i absolutne minima temperatury odczuwalnej widać, że do najniższych wartości (od -21 do -23°C) może ona spadać w regionach: Nadmorskim, Pojeziernym, Centralnym i Sudeckim oraz Północno- i Południowo-wschodnim. Najwyższe wartości *STI* były natomiast notowane w Ciechocinku (87,2°C) oraz w Głucholazach (78,6°C). Ogólnie biorąc najwyższe wartości temperatury odczuwalnej są notowane w regionach: Centralnym i Sudeckim. Tam też występują największe absolutne amplitudy *STI*, wynoszące odpowiednio 100 i 95°C (ryc. 92).

Istotną charakterystyką warunków bioklimatycznych jest częstość występowania badanych wskaźników w różnych przedziałach wartości, odpowiadających różnym reakcjom – subiektywnym lub fizjologicznym – organizmu. W odniesieniu do temperatury odczuwalnej najczęściej – w skali w roku – pojawiają się odczucia „chłodno”, które występują od około 33% dni w Rabce do około 47% w Łebie i Gdyni. Z częstością od 17 do 25% pojawiają się odczucia ciepłe „komfortowo” i „ciepło”. Odczucia „gorąco” notuje się przez 6–12% dni w roku (najrzadziej w Łebie i Gdyni, a najczęściej w Rabce). Skrajne odczucia termiczne, „bardzo gorąco”, występują stosunkowo rzadko, przez 1–2% dni w roku nad Bałtykiem i przez 6–7% dni na Kujawach (tab. 38).



Ryc. 92. Najwyższe (STImax) i najniższe (STImin) wartości temperatury odczuwalnej obserwowane w poszczególnych regionach bioklimatycznych Polski: 1 – Nadmorski, 2 – Pojezierny, 4 – Centralny, 5 – Południowo-wschodni, 6 – Świętokrzysko-małopolski, 7 – Sudecki, 8 – Karpacki (Błażejczyk 2003)

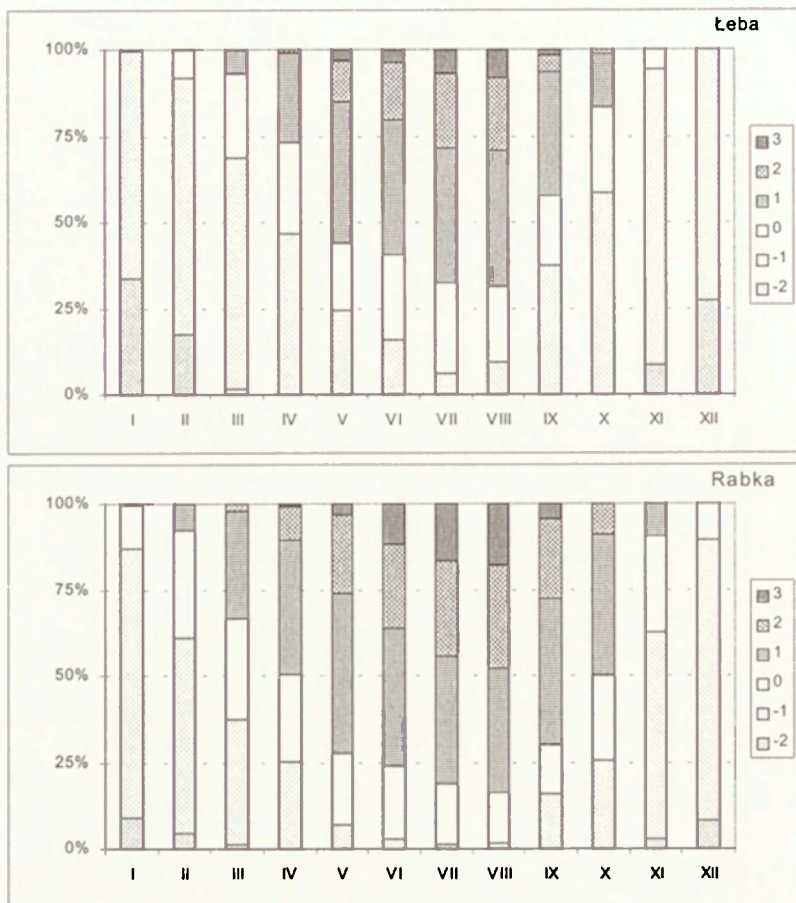
The highest (STImax) and the lowest (STImin) values of subjective temperature in particular regions in Poland: 1 – Seashore, 2 – Lakeland, 3 – North-eastern, 4 – Central, 5 – South-eastern, 6 – Upland, 7 – Sudetive, 8 – Carpathians (Błażejczyk 2003)

Obserwuje się także duże zróżnicowanie sezonowe temperatury odczuwalnej. W styczniu przez ponad 90% dni w miesiącu panują odczucia ciepłe „chłodno” lub „zimno”. Latem zróżnicowanie termicznych warunków odczuwalnych jest znacznie większe niż zimą. Dotyczy to zarówno ilości występujących klas odczuć ciepłych, jak i ich zróżnicowania regionalnego. W lipcu pojawiają się odczucia ciepłe od „chłodno” do „bardzo gorąco”. Średnio przez około 1/3 dni występują odczucia „ciepło”, przez 1/4 dni – odczucia „komfortowo”, przez 1/5 dni – „gorąco”. Stosunkowo często obserwuje się w lipcu warunki biotermiczne odczuwane jako „bardzo gorąco”. Stanowią one od 6–9% dni w miejscowościach nadmorskich do 22–23% w Polsce środkowej (tab. 38).

Szczegółowy obraz sezonowego zróżnicowania warunków biotermicznych podano na przykładzie Łeby i Rabki. W okresie od listopada do lutego częstość poszczególnych klas odczuć ciepłych jest w obu miejscowościach do siebie zbliżona. Różnice regionalne zaczynają się pojawiać już w marcu, a ich kulminacja ma miejsce w lipcu i sierpniu. W okresie tym nad morzem skrajne warunki odczuwalne występują stosunkowo rzadko, podczas gdy w Rabce stanowią one ponad 16% wszystkich dni. We wrześniu i październiku regionalne różnice warunków biotermicznych stopniowo zanikają (ryc. 93).

Tabela 38. Częstość (%) występowania różnych odczuć cieplnych człowieka, określonych na podstawie wartości STT, 1971–1990

Miejscowość	Rok					Styczeń					Lipiec							
	Zimno	Chłodno	Komfortowo	Ciepło	Gorąco	Bardzo gorąco	Zimno	Chłodno	Komfortowo	Ciepło	Gorąco	Bardzo gorąco	Zimno	Chłodno	Komfortowo	Ciepło	Gorąco	Bardzo gorąco
Swinoujście	4,3	44,9	18,1	22,0	7,9	2,8	21,1	78,4	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	2,7	22,4	41,1	24,5	9,2
Łeba	7,4	47,0	16,9	20,2	6,5	2,0	33,9	65,8	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	6,1	26,3	39,0	21,6	6,9
Gdynia	5,7	46,8	19,0	21,3	5,9	1,3	27,9	71,6	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	2,4	28,9	41,1	21,3	6,3
Poleczyn Zdrój	6,0	45,6	17,9	18,6	7,2	4,7	30,1	69,5	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	3,4	26,9	35,7	19,2	14,8
Inowrocław	5,2	42,7	16,8	18,7	10,0	6,7	24,3	75,3	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,9	24,3	29,2	23,7	21,9
Ciechocinek	5,7	43,9	16,6	17,5	9,0	7,2	26,1	72,6	1,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,7	27,4	29,5	19,2	23,1
Naleczów	6,1	41,1	16,7	19,2	10,6	6,4	26,8	68,9	4,2	0,0	0,0	0,0	0,0	1,4	21,3	30,6	24,0	22,6
Szaniec	6,0	40,5	18,3	19,5	9,7	5,9	25,7	70,7	3,6	0,0	0,0	0,0	0,0	2,4	18,0	35,8	22,2	21,6
Wieliczka	3,5	39,3	19,5	21,9	10,8	5,2	16,4	78,6	5,1	0,0	0,0	0,0	0,0	1,3	22,8	34,7	24,7	16,5
Świeradów Zdrój	4,6	39,3	19,4	24,6	8,7	3,4	19,8	75,0	5,2	0,0	0,0	0,0	0,0	4,8	21,3	38,4	21,9	13,5
Polanica Zdrój	4,1	42,0	19,4	20,3	9,4	4,8	19,8	76,9	3,2	0,0	0,0	0,0	0,0	1,5	30,3	28,9	21,6	17,7
Łądek Zdrój	4,8	43,3	20,4	17,3	9,0	5,1	21,0	74,4	4,7	0,0	0,0	0,0	0,0	2,1	36,9	24,0	18,5	18,4
Rabka Zdrój	2,2	32,6	20,8	27,4	12,4	4,6	8,9	78,2	12,4	0,5	0,0	0,0	0,0	1,3	17,6	36,8	27,7	16,6
Muszyzna	3,6	39,3	19,8	20,8	10,7	5,8	18,5	74,2	7,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,6	24,0	34,0	21,5	19,8
Iwonicz Zdrój	7,3	40,4	20,6	19,9	8,5	3,3	31,1	65,5	3,4	0,0	0,0	0,0	0,0	1,3	31,9	34,5	20,2	12,1



Ryc. 93. Częstość (%) różnych odczuć cieplnych określonych na podstawie wartości temperatury odczuwalnej (*STI*) w Łebie i Rabce, 1971–1990; -2 – zimno, -1 – chłodno, 0 – komfortowo, 1 – ciepło, 2 – gorąco, 3 – bardzo gorąco (Błażejczyk 2003)

Frequency (%) of various thermal sensations in man in Łeba and Rabka: -2 – cold, -1 – cool, 0 – comfortable, 1 – warm, 2 – hot, 3 – very hot (Błażejczyk 2003)

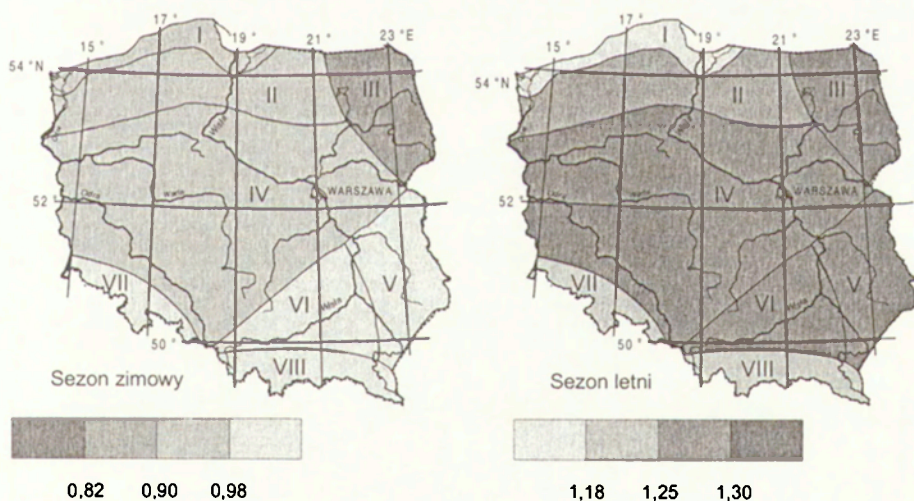
8.2.2. OBCIĄŻENIE CIEPLNE ORGANIZMU

W ocenie stosunków biotermicznych istotne jest nie tylko subiektywne odczucie ciepłe, związane z przebywaniem w danych warunkach otoczenia, ważne jest także określenie, jak duże jest obciążenie układu termoregulacyjnego, związane ze stabilizowaniem się wymiany ciepła pomiędzy człowiekiem a otoczeniem na poziomie zbliżonym do homeotermii. Do oceny stopnia obciążenia układu termoregulacyjnego zastosowano wskaźnik obciążenia cieplnego (*HL*).

Średnie sezonowe wartości wskaźnika *HL* są dość wyraźnie zróżnicowane regionalnie, zarówno w sezonie zimowym, jak i letnim. W sezonie zimowym niewielkie obciążenia cieplne organizmu, mieszczące się w zakresie warunków termoneutralnych, są obserwowane w Polsce południowej i południowo-wschodniej. Warunki najbardziej surowe, prowadzące do wystąpienia dużego stresu zimna, są wtedy notowane w regionie Północno-wschodnim. Latem, termoneutralne warunki biotermiczne obserwuje się w regionie Nadmorskim. Na większości obszaru Polski wartości *HL* wskazują na występowanie znacznego stresu gorąca (ryc. 94).

Analizując średnie miesięczne wartości wskaźnika *HL* można zauważyć, że przez znaczną część roku (od października do kwietnia) utrzymują się one na poziomie odpowiadającym warunkom termoneutralnym (a więc w bardzo niewielkim stopniu obciążającym układ termoregulacyjny) lub też powodujące „stres chłodu”. W pozostałych miesiącach panuje „stres ciepła” lub „stres gorąca” (tab. 39).

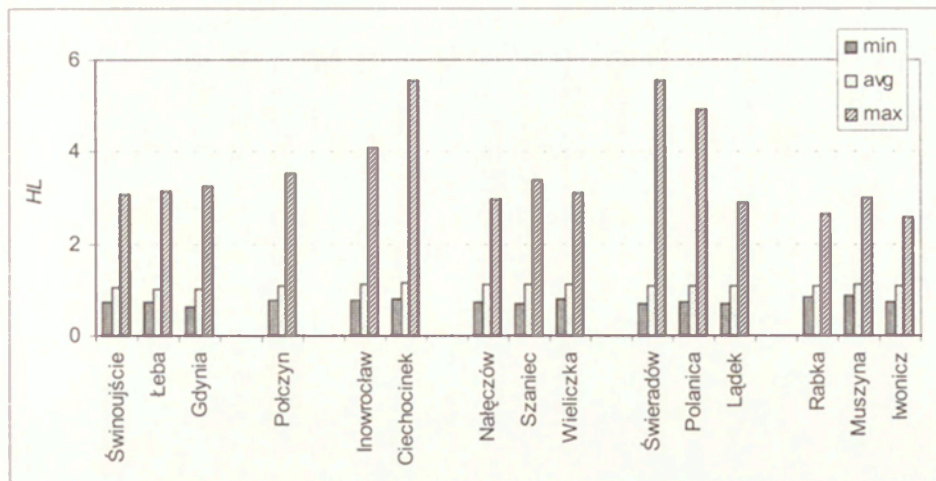
O możliwym zakresie wskaźnika *HL* informuje także porównanie wartości skrajnych, zanotowanych w okresie 1971–1990. Najniższa wartość *HL* wystąpiła w Gdyni i wyniosła 0,642. W większości z badanych miejscowości (poza Rabką i Muszyną) wartości najniższe wskaźnika obciążenia cieplnego mieściły się w zakresie mówiącym o silnym stresie zimna. Wartości najwyższe *HL* przekraczały 5,5 (Świeradów, Ciechocinek). W każdej z porównywanych miejscowości wartości najwyższe wskaźnika mieściły się



Ryc. 94. Średnie wartości wskaźnika obciążenia cieplnego (*HL*) (legenda p. ryc. 81)
Mean values of heat load index (*HL*) (for explanations see Fig. 81)

Tabela 39. Średnie miesięczne wartości wskaźnika obciążenia cieplnego (*HL*),
1971–1990 (Błażejczyk 2003)

Miejscowość	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Świnoujście	0,955	0,971	0,985	1,015	1,123	1,145	1,214	1,247	1,071	1,001	0,967	0,952
Łeba	0,935	0,960	0,978	1,010	1,096	1,097	1,141	1,166	1,057	0,996	0,947	0,924
Gdynia	0,946	0,966	0,987	1,002	1,038	1,096	1,161	1,167	1,062	0,995	0,961	0,942
Połczyn Zdrój	0,955	0,973	0,987	1,033	1,227	1,240	1,292	1,298	1,086	1,005	0,964	0,953
Inowrocław	0,961	0,976	0,994	1,051	1,271	1,337	1,410	1,401	1,137	1,021	0,975	0,959
Ciechocinek	0,963	0,975	0,994	1,061	1,270	1,458	1,488	1,417	1,168	1,025	0,973	0,961
Nałęczów	0,962	0,978	0,997	1,073	1,248	1,284	1,347	1,366	1,147	1,029	0,975	0,961
Szaniec	0,964	0,977	1,003	1,047	1,211	1,254	1,349	1,332	1,133	1,030	0,975	0,960
Wieliczka	0,976	0,988	1,009	1,073	1,205	1,258	1,340	1,344	1,149	1,052	0,988	0,975
Swieradów Zdrój	0,971	0,987	0,999	1,025	1,153	1,169	1,214	1,237	1,101	1,037	0,982	0,966
Polanica Zdrój	0,969	0,984	1,002	1,048	1,177	1,210	1,303	1,318	1,130	1,040	0,984	0,969
Łądek Zdrój	0,969	0,983	0,999	1,032	1,148	1,177	1,258	1,272	1,105	1,025	0,979	0,968
Rabka Zdrój	0,990	0,997	1,013	1,047	1,140	1,198	1,241	1,266	1,124	1,049	0,997	0,989
Muszyna	0,983	0,990	1,013	1,056	1,170	1,227	1,304	1,299	1,144	1,036	0,992	0,983
Iwonicz Zdrój	0,967	0,982	1,004	1,044	1,144	1,164	1,209	1,222	1,103	1,025	0,978	0,963

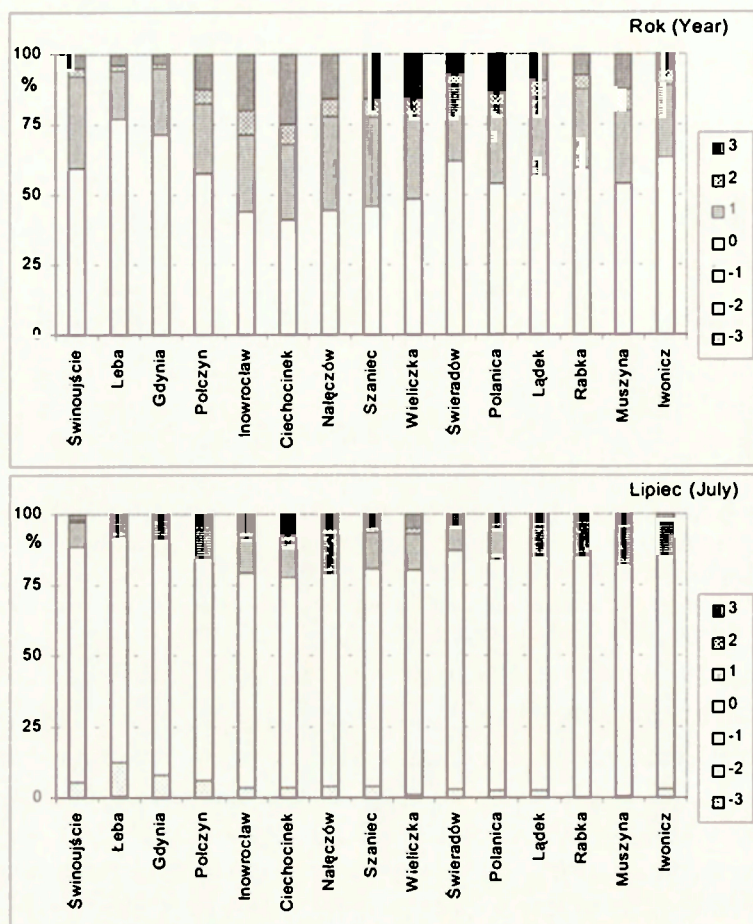


Ryc. 95. Średnie roczne (avg) oraz najniższe (min) i najwyższe (max) wartości wskaźnika obciążenia cieplnego organizmu (HL) na niektórych stacjach meteorologicznych, 1971–1990 (Błażejczyk 2003)

Mean annual (avg), the lowest (min) and the highest (max) values of heat load index (HL) at several stations, 1971–1990 (Błażejczyk 2003)

w przedziale mówiącym o bardzo silnym stresie gorąca i niebezpieczeństwie przegrzania organizmu (ryc. 95).

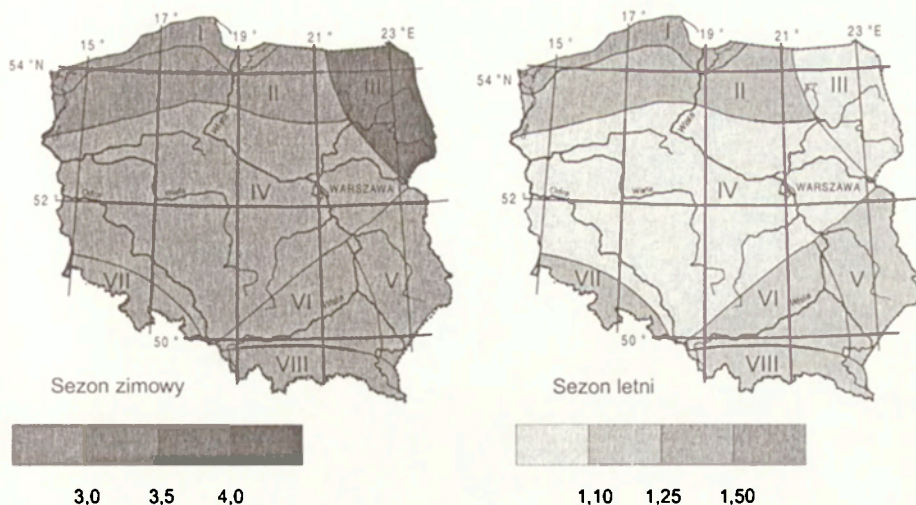
Ilustracją dużego zróżnicowania obciążeń cieplnych organizmu – zarówno sezonowego jak i regionalnego – na obszarze Polski może być porównanie częstości występowania wskaźnika HL w różnych przedziałach wartości. Wartości średnie roczne HL wykazują słabe zróżnicowanie regionalne. Wyraźne różnice przestrzenne widać natomiast w okresie letnim. Na zdecydowaną dominację – w skali roku – warunków termoneutralnych wpływa przede wszystkim prawie stuprocentowa częstość takich sytuacji, w większości badanych stacji, w okresie od listopada do marca. Dane dla lipca pokazują natomiast, że poszczególne obszary Polski różnią się znacznie pod względem sytuacji obciążających układ termoregulacyjny. Wyraźnie zaznacza się odrębność miejscowości położonych w Polsce środkowej, gdzie warunki termoneutralne występują nie więcej niż przez 50% dni w miesiącu, a warunki wskazujące na występowanie silnego i bardzo silnego stresu gorąca stanowią 20–25% dni. Dla kontrastu, w miejscowościach nadmorskich częstość warunków termoneutralnych przekracza 60%, a pogoda sprzyjająca silnemu i bardzo silnemu stresowi gorąca należy do rzadkości (ryc. 96). Na wybrzeżu Bałtyku w okresie od listopada do lutego notuje się natomiast wyraźnie zwiększoną częstość przypadków stresu chłodu i zimna, mogącą stanowić łącznie od 20 do 50% dni w miesiącu.



Ryc. 96. Częstość występowania różnych obciążeń cieplnych organizmu, określonych przy pomocy wskaźnika *HL*, w wybranych miejscowościach, 1971–1990: -3 – bardzo silny stres zimna, -2 – silny stres zimna, -1 – stres chłodu, 0 – warunki termoneutralne, 1 – stres ciepła, 2 – silny stres gorąca, 3 – bardzo silny stres gorąca (Błażejczyk 2003)
 Frequency of various heat loads of an organism at several stations: -3 – very strong cold stress, -2 – strong cold stress, -1 – cool stress, 0 – thermoneutral, 1 – warm stress, 2 – strong hot stress, 3 – very strong hot stress (Błażejczyk 2003)

8.2.3. STRES TERMOFIZJOLOGICZNY

Wskaźnik stresu termofizjologicznego informuje nas o rodzaju procesów dostosowawczych organizmu do warunków termicznych otoczenia. Wiąże się one z dominującym sposobem oddawania ciepła do otoczenia. W sezonie zimowym we wszystkich regionach wartości *PhS* wskazują na występowaniu silnych procesów dostosowawczych organizmu do zimnych warunków otoczenia. Największe nasilenie tych procesów ma miejsce w regionie Pół-



Ryc. 97. Średnie wartości wskaźnika stresu termofizjologicznego (PhS) (legenda p. ryc. 81)

Mean values of thermophysiological strain index (PhS) (for explanations see Fig. 81)

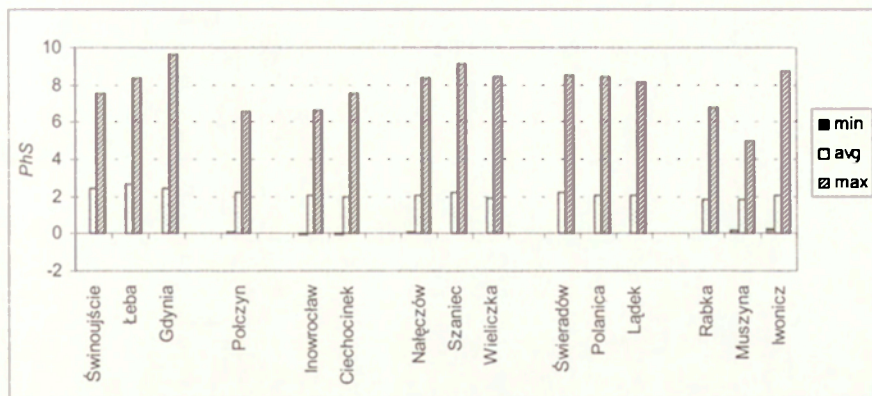
nocno-wschodnim. Latem na większości obszaru Polski panują warunki biotermiczne powodujące niewielkie nasilenie procesów adaptacyjnych organizmu. Jedynie w regionach: Nadmorskim, Pojeziernym i Sudeckim wartości PhS wskazują na zwiększone natężenie procesów dostosowawczych do warunków zimna (ryc. 97).

Średnie miesięczne wartości wskaźnika PhS są silnie zróżnicowane sezonowo i regionalnie. W miesiącach letnich wahają się one od około 1,0 w Polsce środkowej oraz w dolinach karpackich (co wskazuje na względną równowagę strat ciepła przez unoszenie i przez parowanie) do 1,4–1,9 w miejscowościach nadmorskich (co mówi o zdecydowanej dominacji konwekcyjnych strat ciepła z organizmu). Zimą na obszarze całej Polski wartości PhS przekraczają 2,0, a nad Bałtykiem i w Polsce środkowej – nawet 3,0. Oznacza to, że ilość ciepła oddawanego z organizmu człowieka do otoczenia drogą unoszenia jest 2–3-krotnie większa niż ewaporacyjne straty ciepła (tab. 40).

Regionalne zróżnicowanie stresu termofizjologicznego widać także bardzo wyraźnie, gdy analizujemy skrajne, zanotowane w badanym dwudziestolecu jego wartości. Wartości najniższe we wszystkich miejscowościach były zbliżone do zera, co oznacza, że w każdym regionie Polski występowały sytuacje pogodowe powodujące w organizmie człowieka silne natężenie stresu gorąca i związane z tym reakcje dostosowawcze organizmu do warunków termicznych otoczenia (silne pocenie się, podwyższenie temperatury skóry, zmniejszenie ciśnienia krwi itd.). Wartości najwyższe PhS wahały się od około

Tabela 40. Średnie miesięczne wartości wskaźnika stresu termofizjologicznego (*PhS*), 1971–1990 (Błażejczyk 2003)

Miejscowość	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Świnoujście	3,309	3,247	2,986	2,705	2,074	1,677	1,432	1,369	1,782	2,270	2,909	3,198
Łeba	3,654	3,472	3,236	2,869	2,200	1,899	1,650	1,552	1,997	2,477	3,204	3,554
Gdynia	3,425	3,293	3,015	2,637	2,102	1,712	1,457	1,416	1,809	2,362	2,952	3,267
Połczyn Zdrój	3,210	3,046	2,778	2,254	1,543	1,385	1,240	1,191	1,710	2,200	2,823	3,048
Inowrocław	3,173	2,980	2,569	2,040	1,336	1,140	0,999	1,016	1,532	2,009	2,678	3,011
Ciechocinek	3,055	2,969	2,644	2,039	1,378	1,066	0,975	1,003	1,425	1,968	2,639	2,898
Nałęczów	3,182	2,911	2,627	2,076	1,390	1,248	1,037	1,029	1,543	2,105	2,751	2,968
Szaniec	3,295	3,137	2,690	2,246	1,524	1,329	1,145	1,076	1,603	2,159	2,835	3,139
Wieliczka	2,865	2,705	2,324	1,945	1,381	1,217	1,068	1,039	1,426	1,819	2,412	2,708
Świeradów Zdrój	3,140	2,823	2,613	2,210	1,652	1,479	1,304	1,277	1,656	2,088	2,718	3,087
Polanica Zdrój	3,059	2,825	2,509	2,092	1,503	1,310	1,137	1,096	1,509	1,957	2,537	2,892
Łądek Zdrój	2,973	2,803	2,491	2,064	1,506	1,330	1,170	1,133	1,528	1,982	2,603	2,837
Rabka Zdrój	2,540	2,434	2,179	1,849	1,353	1,213	1,096	1,045	1,380	1,712	2,241	2,461
Muszyna	2,666	2,546	2,209	1,861	1,385	1,201	1,040	1,031	1,355	1,768	2,294	2,538
Iwonicz Zdrój	3,164	2,882	2,435	1,976	1,459	1,293	1,158	1,161	1,549	2,041	2,769	3,073



Ryc. 98. Średnie roczne (avg) oraz najniższe (min) i najwyższe (max) wartości wskaźnika stresu termofizjologicznego (PhS) na wybranych stacjach meteorologicznych, 1971–1990 (Błażejczyk 2003)

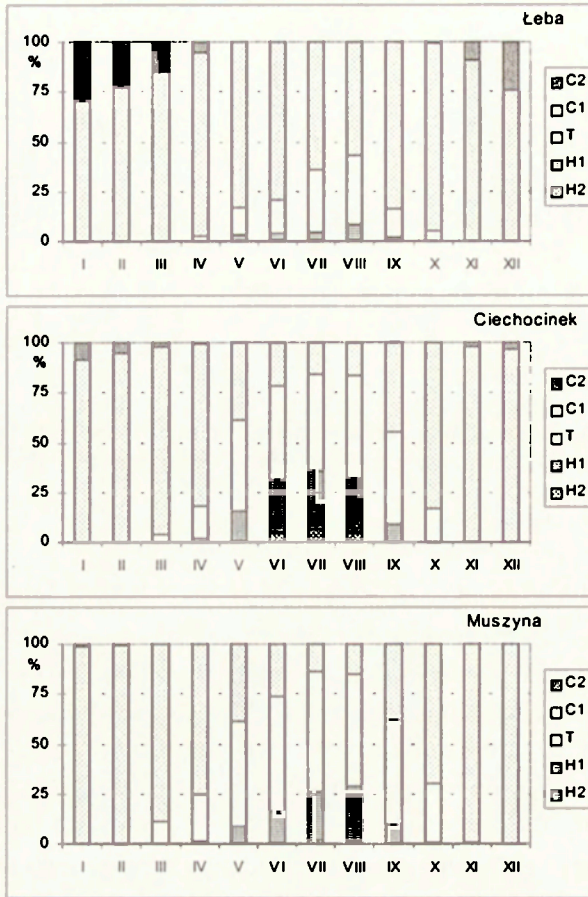
Mean annual (avg), the lowest (min) and the highest (max) values of physiological strain (PhS) at several stations, 1971–1990 (Błażejczyk 2003)

5 (pięciokrotna przewaga unoszenia nad parowaniem) w Muszynie do około 9 w Gdyni, Szańcu i Iwoniczu (ryc. 98).

Należy pamiętać, że sam fakt wystąpienia skrajnie niskich lub skrajnie wysokich wartości jakiegokolwiek charakterystyki klimatycznej czy bioklimatycznej mówi jedynie o zaobserwowanym zakresie danego elementu klimatu i bioklimatu. Ważne jest także określenie, jak często pojawiają się wartości tych elementów o określonym oddziaływaniu na człowieka.

Do ilustracji regionalnego zróżnicowania natężenia stresu termofizjologicznego wybrano dane z trzech stacji: Łeby, Ciechocinka i Muszyny. Porównując częstości występowania różnych wartości wskaźnika PhS widać kilka istotnych prawidłowości. Zimą w Łebie bardzo wyraźnie zaznacza się zwiększona częstość wysokich wartości wskaźnika stresu termofizjologicznego, mówiących o bardzo dużym natężeniu stresu zimna. W takich warunkach ochronę przed wychłodzeniem organizmu daje zmiana odzieży na taką, która posiada zwiększone właściwości termoizolacyjne lub dodatkowa praca mięśni. Sytuacje takie są także dość często spotykane zimą w Ciechocinku, natomiast tylko sporadycznie występują w Muszynie (ryc. 99).

Dużą sezonową kontrastowością warunków biotermicznych, opisanych przy pomocy wskaźnika PhS , charakteryzuje się Ciechocinek (oraz inne miejscowości położone w regionie Centralnym). Zimą dość często występuje tu stres zimna o bardzo dużym natężeniu, natomiast latem przez 5–6% dni w miesiącu pojawia się stres gorąca o bardzo dużej intensywności. Warunki takie wymagają szczególnej ostrożności podczas zajęć rekreacyjnych, wiążących się ze znacznym wysiłkiem fizycznym.



Ryc. 99. Częstość występowania różnych rodzajów stresu termofizjologicznego (*PhS*), w wybranych miejscowościach, 1971–1990; C2 – duże natężenie stresu zimna, C1 – umiarkowane natężenie stresu zimna, T – warunki termoneutralne, H1 – umiarkowane natężenie stresu gorąca, H2 – duże natężenie stresu gorąca (Błażejczyk 2003)

Frequency of various physiological strain classes (*PhS*) at several stations, 1971–1990: C2 – great intensity of cold strain, C1 – moderate intensity of cold strain, T – thermoneutral, H1 – moderate intensity of hot strain, H2 – great intensity of hot strain (Błażejczyk 2003)

Najłagodniejsze warunki biotermiczne obserwowane są w Muszynie. Od maja do września, przez większość dni w miesiącu, występują warunki termoneutralne, charakteryzujące się bardzo słabymi reakcjami termoregulacyjnymi organizmu. Od października do kwietnia zaznacza się w tej miejscowości (a także w innych miejscowościach karpackich) dominacja znacznego stresu zimna, który w przypadku osób starszych i chorych oraz dzieci może stanowić zagrożenie dla zachowania równowagi cieplnej organizmu.

8.3. WARUNKI POGODOWE W REGIONACH BIOKLIMATYCZNYCH POLSKI

Omówioną w rozdziale 7 klasyfikację pogody zastosowano do scharakteryzowania i oceny warunków pogodowych, z punktu widzenia ich przydatności do rekreacji i turystyki w niektórych obszarach Polski. Wykorzystano w tym celu codzienne informacje meteorologiczne za lata 1971–1990 z Łeby (reprezentującej region Nadmorski), Połczyna (region Pojezierny), Gołdapi (region Północno-wschodni), Cieclocinka (region Centralny), Nałęczowa (region Południowo-wschodni), Szańca (region Świętokrzysko-małopolski), Łądką (region Sudecki) i Rabki (region Karpacki). Analizę tę uzupełniono danymi z Warszawy (region Centralny) za lata 1994–2001, Głucholąz (Góry Opawskie – region Sudecki) za lata 1981–2000 oraz z Hali Gąsienicowej (Tatry – region Karpacki) za lata 1996–2001.

8.3.1. GŁÓWNE CECHY WARUNKÓW POGODOWYCH

W celu ogólnego scharakteryzowania warunków pogodowych w różnych regionach bioklimatycznych porównano częstości występowania na wybranych stacjach meteorologicznych poszczególnych charakterystyk pogody, określających jej typ, podtyp i klasę.

Typy pogody

We wszystkich regionach Polski obserwuje się wyraźną sezonowość typów pogody (tab. 41). Pogoda zimna pojawia się od listopada do marca, a w regionach górskich także w październiku i kwietniu. Pogoda chłodna występuje we wszystkich miesiącach roku, a jej częstość zmienia się od 1–10% latem do blisko 90% w miesiącach zimowych. W przypadku pogody komfortowej, jej największe częstości przypadają na okres letni, jesienny lub wiosenny. Pogoda ciepła może występować już w lutym lub marcu i jest spotykana nawet w listopadzie i grudniu; najczęstsza jest jednak w miesiącach letnich. Lato jest także okresem najczęstszego pojawiania się pogody gorącej (w niektórych regionach nawet 30% dni w miesiącu) i bardzo gorącej (do 25% dni).

Syntetyczny obraz zróżnicowania regionalnego typów pogody daje porównanie częstości ich występowania w poszczególnych sezonach w wybranych do badań stacjach meteorologicznych (ryc. 100). Zimą zdecydowanie dominuje w Polsce pogoda chłodna; jej częstość waha się od 59% na Hali Gąsienicowej do około 75% w Połczynie i Cieclocinku. Na obszarze Tatr oraz Polski północno-wschodniej wyraźnie podwyższona jest częstość pogody zimnej, stanowiącej 32–38% wszystkich dni tego okresu. Zaznaczają się także

Tabela 41. Częstość występowania (%) biotermicznych typów pogody w różnych regionach bioklimatycznych, 1971–1990

Region	Typ pogody:	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Rok
Region Nadmorski (Łeba)	zimna	33,9	17,5	1,5	.	.	.	.	.	.	.	8,5	27,3	7,4
	chłodna	65,8	74,4	67,1	46,8	24,4	16,0	6,1	9,4	37,3	58,6	85,6	72,7	46,8
	komfortowa	0,3	8,1	24,5	26,5	19,4	24,7	26,3	22,1	20,5	24,7	5,7	.	16,9
	ciepła	.	.	6,9	25,7	41,2	39,0	39,1	39,1	35,7	15,6	0,2	.	20,3
	gorąca	.	.	.	0,8	11,9	16,5	21,6	21,3	5,0	1,1	.	.	6,6
	bardzo gorąca	.	.	.	0,2	3,1	3,8	6,9	8,1	1,5	.	.	.	2,0
Region Pojezierny (Polczyn)	zimna	30,1	12,4	1,1	.	.	.	.	.	.	.	6,9	21,6	6,0
	chłodna	69,5	76,2	63,0	46,7	19,2	9,8	3,4	7,2	33,7	54,5	86,0	78,2	45,3
	komfortowa	0,4	11,2	25,1	22,2	19,0	31,0	26,9	23,3	21,5	27,6	6,9	0,2	18,0
	ciepła	.	0,2	10,4	26,3	35,8	29,6	35,7	31,9	36,5	16,3	0,2	.	18,7
	gorąca	.	.	0,4	4,4	16,1	16,1	19,2	22,6	6,0	1,6	.	.	7,3
	bardzo gorąca	.	.	.	0,4	9,9	13,5	14,8	15,0	2,3	.	.	.	4,7
Region Północno-wschodni (Goldap)	zimna	45,1	26,7	3,5	.	.	.	.	.	.	.	8,0	35,2	9,9
	chłodna	50,9	69,3	91,3	67,2	14,0	1,7	.	0,3	28,5	83,2	87,0	60,8	46,1
	komfortowa	3,0	4,0	5,2	28,0	40,3	33,8	27,3	31,3	53,8	15,4	5,0	4,0	20,9
	ciepła	.	.	.	4,8	44,3	60,2	64,9	62,0	15,7	1,4	.	.	21,2
	gorąca	.	.	.	.	0,8	2,3	4,8	3,4	2,0	.	.	.	1,1
	bardzo gorąca	.	.	.	.	0,6	2,0	3,0	3,0	.	.	.	.	0,8
Region Centralny (Ciechocinek)	zimna	26,1	12,5	0,9	.	.	.	.	.	.	.	4,6	24,1	5,5
	chłodna	72,6	76,7	64,0	47,0	16,4	4,2	0,7	3,8	26,8	53,2	86,2	75,4	43,1
	komfortowa	1,3	10,1	21,3	16,7	25,9	25,1	27,4	25,6	19,5	18,4	7,9	0,5	16,9
	ciepła	.	0,7	12,8	27,2	25,6	25,6	29,6	29,7	32,8	25,2	1,3	.	17,9
	gorąca	.	.	1,0	7,7	19,7	20,9	19,2	21,5	15,1	3,1	.	.	9,2
	bardzo gorąca	.	.	.	1,4	12,4	24,2	23,1	19,4	5,8	0,1	.	.	7,4
(Warszawa***)	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
Region Południowo-wschodni (Nałęczów)	zimna	26,9	11,4	1,4	.	.	.	.	.	.	0,2	8,2	24,7	6,2
	chłodna	68,9	70,6	61,8	38,5	13,4	6,1	1,4	4,4	25,6	52,5	75,5	74,0	41,2
	komfortowa	4,2	15,8	17,2	23,7	23,8	23,3	21,3	18,0	19,8	19,9	12,2	1,3	16,6
	ciepła	.	2,2	18,5	28,2	29,6	29,5	30,7	31,1	33,4	22,6	4,1	.	19,1
	gorąca	.	.	1,1	8,3	23,5	26,3	24,0	24,9	14,3	4,8	.	.	10,5
	bardzo gorąca	.	.	.	1,3	9,7	14,8	22,6	21,6	6,9	.	.	.	6,4
Region Świętokrzysko-malopolski (Szaniec)	zimna	25,7	12,5	2,0	.	.	.	.	.	.	.	10,4	21,9	6,1
	chłodna	70,7	71,3	55,6	41,4	16,6	6,3	2,4	7,5	25,8	43,7	69,0	76,0	40,2
	komfortowa	3,6	14,9	23,8	25,4	22,1	24,9	18,0	17,4	23,0	26,5	17,8	1,9	18,2
	ciepła	.	1,3	16,8	26,7	29,7	34,2	35,8	32,2	30,3	24,4	2,8	0,2	19,7
	gorąca	.	.	1,8	6,1	20,2	20,2	22,2	23,5	16,7	5,4	.	.	9,8
	bardzo gorąca	.	.	.	0,4	11,4	14,4	21,6	19,4	4,2	.	.	.	6,0

Region	Typ pogody:	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Rok
Region Sudecki (Lądek)	zimna	21,0	10,6	1,6	.	.	.	.	.	.	0,2	6,8	17,9	4,8
	chłodna	74,3	68,0	61,0	50,0	20,8	4,7	2,1	5,6	35,2	46,5	73,2	78,7	43,2
	komfortowa	4,7	17,9	16,0	15,8	28,2	38,0	36,9	30,9	18,4	17,9	16,5	3,4	20,4
	ciepła	.	3,5	20,1	25,1	23,9	28,5	24,1	23,5	24,5	31,4	3,5	.	17,4
	gorąca	.	.	1,3	8,8	19,5	18,3	18,5	19,5	17,7	4,0	.	.	9,0
	bardzo gorąca	.	.	.	0,3	7,6	10,5	18,4	20,5	4,2	.	.	.	5,2
(Gluchołazy*)	zimna	13,1	7,6	1,5	.	.	.	.	.	.	.	5,3	11,8	3,3
	chłodna	73,7	64,8	49,6	36,5	15,1	4,7	1,3	5,0	21,2	38,1	64,2	79,8	37,8
	komfortowa	12,6	23,5	28,2	20,8	21,7	26,8	19,8	18,4	19,2	23,2	25,7	8,1	20,7
	ciepła	0,6	4,1	20,0	30,8	35,0	35,6	29,4	25,3	35,9	33,5	4,8	0,3	21,3
	gorąca	.	.	0,7	9,7	22,1	21,7	27,6	27,9	19,7	5,0	.	.	11,2
	bardzo gorąca	.	.	.	2,2	6,1	11,2	21,9	23,4	4,0	0,2	.	.	5,7
Region Karpacki (Rabka)	zimna	8,9	4,4	1,3	.	.	.	.	.	.	.	3,0	8,2	2,1
	chłodna	78,2	56,5	36,0	25,0	6,9	2,8	1,3	1,6	16,0	25,5	59,6	81,3	32,5
	komfortowa	12,4	31,3	29,5	25,5	20,9	21,2	17,6	14,8	14,0	24,4	28,2	10,5	20,8
	ciepła	0,5	7,8	31,1	38,9	46,1	39,9	36,8	35,6	42,4	41,2	9,2	.	27,5
	gorąca	.	.	2,1	9,8	22,9	24,3	27,7	30,1	23,3	8,9	.	.	12,5
	bardzo gorąca	.	.	.	0,8	3,2	11,8	16,6	17,9	4,3	.	.	.	4,6
(Hala Gąsienicowa**)	zimna	27,1	34,5	23,9	0,7	.	.	.	.	.	3,2	18,7	33,5	11,7
	chłodna	63,2	51,4	55,4	70,0	40,0	27,3	24,5	23,8	60,6	67,8	74,0	62,6	51,7
	komfortowa	9,7	14,1	16,8	11,3	29,6	42,0	51,0	40,0	16,7	17,4	7,3	3,9	21,7
	ciepła	.	.	3,9	18,0	26,5	20,7	20,6	26,5	20,7	11,0	.	.	12,4
	gorąca	.	.	.	.	3,9	9,3	3,9	6,5	2,0	0,6	.	.	2,2
	bardzo gorąca	.	.	.	.	.	0,7	.	3,2	.	.	.	.	0,3

* okres 1981–2000, ** okres 1996–2001, *** okres 1994–2001

obszary o stosunkowo łagodnych warunkach biotermicznych, gdzie częstość pogody zimnej jest wyraźnie zmniejszona i wynosi 7–11%; są to Przedgórze Sudeckie (Gluchołazy) oraz Beskidy (Rabka). Wiosną najbardziej surowe warunki pogodowe występują w Polsce północno-wschodniej oraz w Tatrach. Zaś najłagodniejsze obserwuje się na terenie Beskidów. Największe regionalne zróżnicowanie typów pogody występuje latem. Warunki najbardziej surowe obserwuje się w regionach: Nadmorskim i Północno-wschodnim oraz w Tatrach. Zaznacza się to stosunkowo częstym pojawianiem się pogody chłodnej (12–25%) oraz rzadkim – pogody bardzo gorącej (1–6%).

Najbardziej uciążliwe warunki biotermiczne, wyróżniające się dużą frekwencją pogody bardzo gorącej, obserwuje się w regionach: Centralnym, Południowo-wschodnim i Świętokrzysko-małopolskim oraz na Przedgórzu Sudeckim. Jesień, podobnie jak wiosna, jest okresem dominacji pogody chłodnej, która w Tatrach oraz w Polsce północno-wschodniej panuje przez około 70% dni. Najłagodniejsze warunki pogodowe występują w tym okresie w Beskidach, na Przedgórzu Sudeckim oraz w regionie Świętokrzysko-małopolskim.



Ryc. 100. Częstość (%) typów pogody w poszczególnych porach roku w różnych regionach Polski: I – Nadmorski, II – Pojezierny, III – Północno-wschodni, IV – Centralny, V – Południowo-wschodni, VI – Świętokrzysko-małopolski, VII – Sudecki, VIII – Karpacki; -2 – zimna, -1 – chłodna, 0 – komfortowa, 1 – ciepła, 2 – gorąca, 3 – bardzo gorąca

Frequency (%) of weather types at particular seasons for bioclimatic characteristics see table below (bioclimatic regions of Poland: I – Seashore, II – Lakeland, III – North-eastern, IV – Central, V – South-eastern, VI – Upland, VII – Sudetic, VIII – Carpathians); -2 – cold, -1 – cool, 0 – comfortable, 1 – warm, 2 – hot, 3 – very hot

Podtypy pogody

Podtypy pogody są określane na podstawie następujących cech: natężenia bodźców radiacyjnych, rodzaju stresu termofizjologicznego i natężenia uczucia parności. Natężenie bodźców radiacyjnych jest oceniane na podsta-

wie ilości promieniowania słonecznego docierającego do człowieka, która zależy od stopnia zachmurzenia nieba oraz wysokości Słońca (w obliczeniach przyjmuje się stałą wartość albedo powierzchni ciała i odzieży, równą 30%). W przebiegu rocznym zaznacza się wyraźna sezonowość bodźców radiacyjnych, związana z czynnikami astronomicznymi; w miesiącach zimowych niskie położenia tarczy słonecznej nad horyzontem skutkuje słabym natężeniem bodźców radiacyjnych nawet przy korzystnych warunkach zachmurzenia. Latem przeważają umiarkowane i silne bodźce radiacyjne; w niektórych miejscowościach występują nawet przez 70–80% dni w miesiącu (tab. 42).

Wyraźna sezonowość widoczna jest także w przypadku stresu termofizjologicznego powodowanego przez warunki atmosferyczne. W okresie od października do kwietnia przez 95–100% dni w miesiącu występuje stres zimna przejawiający się specyficznymi reakcjami dostosowawczymi organizmu do warunków otoczenia: obniżeniem temperatury powierzchni ciała, zwężeniem peryferyjnych naczyń krwionośnych, zmniejszeniem skórnego przepływu krwi i zwiększeniem ciśnienia krwi, a w przypadkach bardzo niskiej temperatury otoczenia – także drżeniem mięśniowym. Fizjologiczny stres gorąca dominuje w miesiącach letnich i przejawia się podwyższeniem temperatury powierzchni ciała, rozszerzeniem peryferyjnych naczyń krwionośnych, zwiększeniem skórnego przepływu krwi i zmniejszeniem ciśnienia krwi oraz wzmożoną aktywnością gruczołów potowych. Częstość takich sytuacji pogodowych może w niektórych miejscowościach przewyższać 50% (tab. 42).

Trzecią biotermiczną cechą warunków pogodowych jest natężenie uczucia parności, związanego z aktualnymi warunkami termiczno-wilgotnościowymi otoczenia. Na większości stacji dominują sytuacje pogodowe nie wywołujące uczucia parności. Dni z umiarkowanym natężeniem parności, która może być uciążliwa głównie dla osób starszych i dzieci, pojawiają się od marca do października, a w niektórych miejscowościach mogą sporadycznie występować także w miesiącach zimowych (w dniach stosunkowo ciepłych, gdy człowiek używa odzieży o podwyższonej izolacyjności termicznej). Silne uczucie parności, uciążliwe dla większości osób, pojawia się stosunkowo rzadko (od 3 do 14% dni), przede wszystkim w miesiącach letnich. Nad brzegiem Bałtyku i w wyższych partiach gór sytuacje takie nie są praktycznie notowane (tab. 42).

Analizując regionalne zróżnicowanie biotermicznych podtypów pogody można stwierdzić kilka prawidłowości (ryc. 101). W odniesieniu do bodźców radiacyjnych w miesiącach zimowych uprzywilejowane są miejscowości położone w regionach: Sudeckim i Karpackim (poza najwyższymi partiami gór). Częstość dni z bodźcami umiarkowanymi może tam nawet przekroczyć

Tabela 42. Częstość występowania (%) biotermicznych podtypów pogody w różnych regionach bioklimatycznych, 1971–1990

Region	podtyp pogody	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Rok
<i>nałężenie bodźców radiacyjnych:</i>														
Nadmorski (Łeba)	slabe	89,5	61,2	53,7	41,8	29,8	37,8	32,9	31,1	43,7	52,6	82,2	93,7	54,2
	umiarkowane	10,5	38,8	37,1	37,2	21,6	20,7	26,3	36,1	50,3	47,4	17,8	6,3	29,1
	silne	.	.	9,2	21,0	48,5	41,5	40,8	32,7	6,0	.	.	.	16,8
Pojezierny (Polczyn)	slabe	86,4	62,5	53,9	45,7	34,9	42,0	36,6	34,3	42,5	50,8	82,5	91,3	55,1
	umiarkowane	13,6	37,5	33,0	32,0	26,0	27,5	32,3	33,2	45,6	48,4	17,5	8,7	29,5
	silne	.	.	13,1	22,2	39,1	30,6	31,1	32,4	11,9	0,8	.	.	15,4
Pn.-wsch. (Goldap)	slabe	84,5	66,0	57,1	49,2	41,5	47,8	48,1	36,0	47,8	51,9	84,2	89,8	58,6
	umiarkowane	15,5	34,0	27,1	28,2	21,3	21,0	26,0	35,8	37,5	48,1	15,8	10,2	26,7
	silne	.	.	15,8	22,7	37,3	31,2	26,0	28,2	14,7	.	.	.	14,7
Centralny (Ciechocinek)	slabe	81,6	67,2	59,0	52,7	45,7	41,3	44,6	38,5	45,6	53,3	78,8	89,0	57,9
	umiarkowane	18,4	32,8	28,9	26,0	17,9	20,8	23,8	34,0	40,3	45,4	21,2	11,0	26,7
	silne	.	.	12,1	21,3	36,4	37,9	31,6	27,5	14,1	1,3	.	.	15,4
(Warszawa***)	slabe	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
Pd.-wsch. (Nałęczów)	slabe	69,6	62,4	55,9	42,8	38,5	36,5	33,3	30,7	39,1	51,8	66,3	87,3	51,3
	umiarkowane	30,4	37,6	24,9	32,8	27,2	29,3	32,1	28,1	45,7	41,0	33,7	12,7	31,2
	silne	.	.	19,2	24,4	34,2	34,3	34,6	41,2	15,2	7,2	.	.	17,5
Świętokrzysko -małopolski (Szaniec)	slabe	65,4	50,7	45,3	42,8	35,3	34,7	25,1	27,5	38,9	38,4	58,2	87,6	45,8
	umiarkowane	34,6	49,3	37,4	35,8	29,0	35,3	39,6	31,7	47,7	54,8	41,8	12,4	37,3
	silne	.	.	17,3	21,4	35,7	30,0	35,3	40,7	13,3	6,8	.	.	16,8
Sudecki (Łądek)	slabe	67,7	61,8	56,3	52,5	48,5	50,3	48,7	43,9	49,8	46,0	64,7	80,3	55,9
	umiarkowane	32,3	38,2	25,0	22,5	17,1	21,5	19,5	18,5	28,5	46,5	35,3	19,7	27,0
	silne	.	.	18,7	25,0	34,4	28,2	31,8	37,6	21,7	7,6	.	.	17,2
(Głucholazy*)	slabe	51,6	41,4	42,6	38,0	34,2	37,3	28,5	28,7	36,5	36,5	51,2	69,2	41,3
	umiarkowane	48,4	55,9	44,5	30,3	25,8	32,7	31,6	26,9	45,2	57,7	48,8	30,8	39,8
	silne	.	2,7	12,9	31,7	40,0	30,0	39,8	44,4	18,3	5,8	.	.	18,9
Karpacki (Rabka)	slabe	46,1	32,4	29,0	27,5	28,6	27,8	26,1	19,3	23,7	24,0	38,3	62,6	27,0
	umiarkowane	53,9	67,6	54,0	45,3	32,5	36,7	32,1	31,4	62,8	68,7	61,7	37,4	53,6
	silne	.	.	16,9	27,2	38,9	35,5	41,8	49,3	13,5	7,3	.	.	19,3
(Hala Gąsienicowa**)	slabe	62,6	69,0	70,3	68,7	63,2	70,0	74,2	65,8	72,0	67,1	77,3	78,1	69,8
	umiarkowane	37,4	31,0	18,7	13,3	22,6	16,0	19,4	18,1	23,3	31,6	22,7	21,9	23,0
	silne	.	.	11,0	18,0	14,2	14,0	6,5	16,1	4,7	1,3	.	.	7,2
<i>stres termofizjologiczny:</i>														
Nadmorski (Łeba)	stres zimna	100,0	100,0	99,7	97,2	83,1	79,0	64,4	56,6	83,7	94,8	99,8	100,0	88,1
	termoneutralnie	.	.	0,3	2,8	13,7	16,8	30,8	35,0	14,3	5,2	0,2	.	10,0
	stres gorąca	.	.	.	.	3,2	4,2	4,8	8,4	2,0	.	.	.	1,9
Pojezierny (Polczyn)	stres zimna	100,0	100,0	97,3	90,0	51,4	40,4	34,7	25,4	67,7	91,5	100,0	100,0	74,7
	termoneutralnie	.	.	2,7	10,0	40,5	44,5	44,4	56,2	29,4	8,5	.	.	19,8
	stres gorąca	.	.	.	.	8,1	15,1	20,9	18,4	2,9	.	.	.	5,5
Pn.-wsch. (Goldap)	stres zimna	100,0	100,0	98,7	88,5	46,0	29,7	17,7	14,4	60,2	90,3	100,0	100,0	70,2
	termoneutralnie	.	.	1,3	10,2	35,0	42,2	46,9	54,0	32,3	9,0	.	.	19,4
	stres gorąca	.	.	.	1,3	19,0	28,2	35,3	31,6	7,5	0,6	.	.	10,4
Centralny (Ciechocinek)	stres zimna	100,0	99,9	95,9	81,5	38,7	21,4	15,5	16,2	44,7	82,8	99,7	100,0	65,6
	termoneutralnie	.	0,1	4,1	16,8	45,6	47,2	48,7	51,7	46,0	16,9	0,3	.	23,6
	stres gorąca	.	.	.	1,7	15,7	31,5	35,7	32,1	9,3	0,2	.	.	10,8

Region	podtyp pogody	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Rok
(Warszawa***)	stres 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
	termonetralnie	.	.	2,4	20,4	41,5	40,0	45,6	46,4	35,4	12,1	.	.	20,5
	stres gorąca	.	.	.	5,8	16,5	30,0	40,7	40,3	2,9	.	.	.	11,5
Pd.-wsch. (Nałęczów)	stres zimna	100,0	99,8	95,9	79,6	37,6	30,7	18,3	16,3	51,7	82,6	99,0	100,0	67,8
	termonetralnie	.	0,2	4,1	18,7	50,4	48,3	49,8	52,4	40,9	17,2	1,0	.	23,5
	stres gorąca	.	.	.	1,7	12,0	20,9	31,9	31,3	7,4	0,2	.	.	8,7
Świętokrzysko -małopolski (Szaniec)	stres zimna	100,0	100,0	94,0	82,6	48,0	36,3	26,5	25,1	54,9	81,8	99,6	100,0	70,3
	termonetralnie	.	.	6,0	17,0	40,9	46,1	47,7	44,3	36,7	18,2	0,4	.	21,7
	stres gorąca	.	.	.	0,4	11,0	17,5	25,8	30,6	8,4	.	.	.	8,0
Sudecki (Lądek)	stres zimna	100,0	99,6	96,0	83,5	47,9	38,2	26,9	22,4	53,8	84,0	99,3	100,0	70,8
	termonetralnie	.	0,4	4,0	16,3	46,3	51,2	52,4	56,0	41,2	16,0	0,7	.	23,8
	stres gorąca	.	.	.	0,2	5,8	10,7	20,6	21,6	5,0	.	.	.	5,4
(Głucholazy*)	stres zimna	99,8	99,4	95,2	78,3	47,4	33,7	21,1	18,2	46,7	71,5	97,2	99,7	67,0
	termonetralnie	0,2	0,6	4,8	19,2	45,0	53,0	51,6	49,5	47,0	27,6	2,8	0,3	25,3
	stres gorąca	.	.	.	2,5	7,6	13,3	27,3	32,3	6,3	1,0	.	.	7,7
Karpacki (Rabka)	stres zimna	99,7	98,9	89,5	75,2	37,6	28,8	17,7	17,1	43,2	67,6	94,8	99,8	63,9
	termonetralnie	0,3	1,1	10,3	23,7	54,3	54,7	58,4	57,0	47,7	31,1	5,2	0,2	28,8
	stres gorąca	.	.	0,2	1,2	8,1	16,5	23,9	25,9	9,2	1,3	.	.	7,2
Hala Gąsienicowa**	stres zimna	100,0	100,0	100,0	97,3	76,8	60,7	62,6	54,2	80,0	91,6	99,3	100,0	85,1
	termonetralnie	.	.	.	2,7	23,2	38,7	36,8	43,9	20,0	8,4	0,7	.	14,6
	stres gorąca	.	.	.	.	.	0,7	0,6	1,9	.	.	.	.	0,3
<i>parność:</i>														
Nadmorski (Leba)	brak	100,0	100,0	99,8	99,8	98,9	98,3	97,1	96,3	98,7	99,5	99,8	100,0	99,0
	umiarkowana	.	.	0,2	0,2	1,1	1,7	2,9	3,5	1,2	0,5	0,2	.	1,0
	silna	.	.	.	.	.	.	.	0,2	0,2	.	.	.	0,0
Pojezierny (Polczyn)	brak	100,0	99,6	98,6	97,8	89,6	82,9	78,0	75,1	91,0	95,4	99,8	100,0	92,3
	umiarkowana	.	0,4	1,4	2,2	10,0	13,5	19,9	22,8	7,1	4,2	0,2	.	6,9
	silna	.	.	.	.	0,4	3,5	2,1	2,1	1,9	0,4	.	.	0,8
Pn.-wsch. (Goldap)	brak	100,0	100,0	100,0	99,3	87,1	79,2	74,2	76,8	95,2	99,8	100,0	100,0	92,6
	umiarkowana	.	.	.	0,7	12,9	20,8	25,2	22,6	4,8	0,2	.	.	7,3
	silna	.	.	.	.	.	.	0,6	0,6	.	.	.	.	0,1
Centralny (Ciechocinek)	brak	100,0	100,0	99,4	97,0	87,4	77,6	71,7	66,4	86,7	95,5	99,9	100,0	90,0
	umiarkowana	.	.	0,6	2,7	12,4	21,0	25,9	32,3	12,8	4,5	0,1	.	9,5
	silna	.	.	.	0,2	0,1	1,4	2,4	1,3	0,5	.	.	.	0,5
(Warszawa***)	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
Pd.-wsch. (Nałęczów)	brak	100,0	99,8	98,4	95,9	82,6	77,4	60,6	61,8	80,7	92,5	98,0	100,0	87,3
	umiarkowana	.	0,2	1,6	3,7	13,8	17,8	30,6	28,9	13,9	6,5	2,0	.	9,9
	silna	.	.	.	0,4	3,6	4,8	8,8	9,3	5,4	1,1	.	.	2,8
Świętokrzysko -małopolski (Szaniec)	brak	99,8	99,6	99,1	98,4	89,8	81,9	73,0	72,0	87,4	97,1	100,0	100,0	91,4
	umiarkowana	0,2	0,4	0,9	1,6	10,2	16,3	23,4	25,5	12,1	2,9	.	.	7,9
	silna	.	.	.	.	.	1,8	3,6	2,5	0,5	.	.	.	0,7
Sudecki (Lądek)	brak	100,0	99,6	99,7	98,0	88,1	76,2	65,5	65,0	82,2	95,8	99,5	100,0	89,0
	umiarkowana	.	0,4	0,3	1,7	11,6	22,5	30,8	32,3	17,0	4,2	0,5	.	10,2
	silna	.	.	.	0,3	0,3	1,3	3,7	2,7	0,8	.	.	.	0,8
(Głucholazy*)	brak	98,7	98,7	99,0	98,0	88,3	78,8	69,4	66,3	84,0	90,5	98,2	100,0	89,2
	umiarkowana	1,3	1,3	1,0	1,7	11,0	18,5	26,0	27,7	15,2	8,9	1,8	.	9,5
	silna	.	.	.	0,3	0,7	2,7	4,7	6,0	0,8	0,6	.	.	1,3
Karpacki (Rabka)	brak	99,8	96,6	90,2	86,0	56,9	44,7	41,0	30,6	53,3	74,5	91,8	99,4	71,9
	umiarkowana	0,2	3,4	9,8	13,8	39,3	45,7	45,5	50,6	36,8	23,1	8,2	0,6	23,2

* okres 1981–2000, ** okres 1996–2001, *** okres 1994–2001

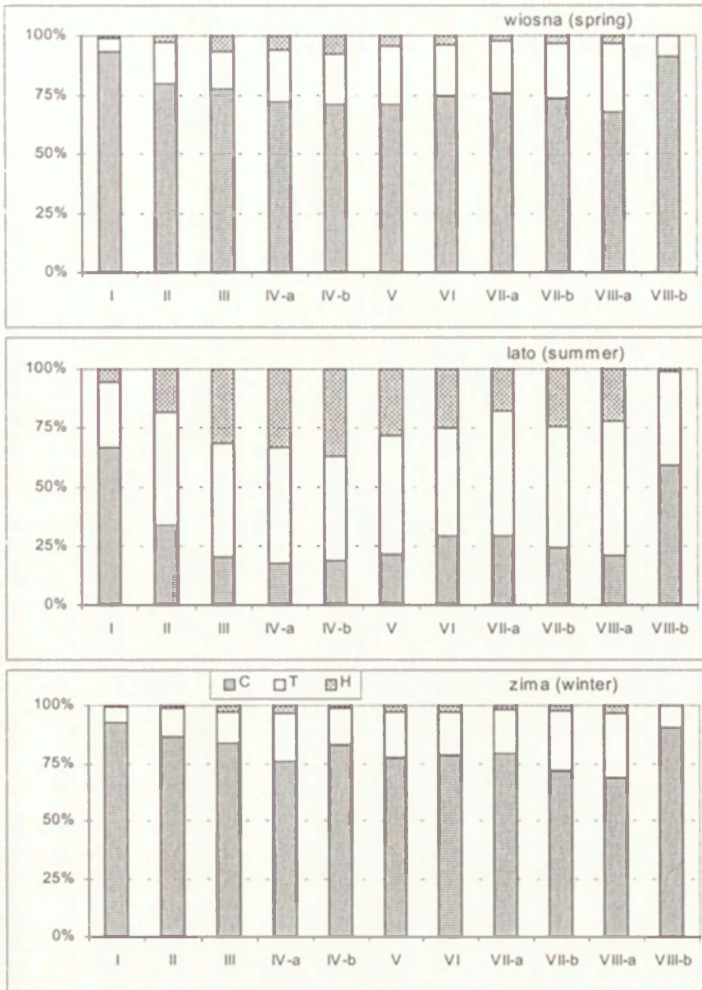
60% (przy średnio 20% w regionach: Nadmorskim, Pojeziernym i Północno-wschodnim). Latem pogoda z umiarkowanymi bodźcami radiacyjnymi jest wielokrotnie częstsza niż zimą. Przez 30–40% dni letnich występują silne bodźce radiacyjne; jedynie w regionie Północno-wschodnim i w Tatrach ich liczba wyraźnie zmniejszona i wynosi odpowiednio: 26–31% i 6–16%. Najwięcej dni ze słabymi bodźcami notuje się w Tatrach (ok. 70%), a najmniej – w Rabce (27%). W pozostałej części Polski występują one przez 40–60% dni rocznie. Wiosną i jesienią uprzywilejowane pod względem radiacyjnym są miejscowości leżące w Karpatach i na Przedgórzu Sudeckim.

Znaczące zróżnicowanie przestrzenne częstości występowania różnych rodzajów stresu termofizjologicznego obserwuje się jedynie w miesiącach letnich (ryc. 102). Pod tym względem wyraźnie zaznaczają się trzy grupy stacji o odmiennym charakterze. W regionie Nadmorskim i w wysokich górach



Ryc. 101. Częstość (%) występowania dni o różnym natężeniu bodźców radiacyjnych (legenda p. ryc. 100); 1 – słabe, 2 – umiarkowane, 3 – silne

Frequency (%) of days with various intensity of radiation stimuli (for explanations see fig. 100); 1 – weak, 2 – moderate, 3 – strong



Ryc. 102. Częstość (%) występowania dni o różnym rodzaju stresu termofizjologicznego w poszczególnych porach roku i regionach bioklimatycznych; I-VIII regiony (legenda p. ryc. 100); C – stres zimna, T – warunki termoneutralne, H – stres gorąca
 Frequency (%) of days with various physiological strain type (for explanations see fig. 100); C – cold stress, T – thermo-neutral, H – hot stress,

przez zdecydowaną większość dni letnich dominują warunki termofizjologicznego stresu zimna. Znaczny udział dni (około 33%) z panującym stresem zimna notuje się także w regionie Pojeziernym. W pozostałej części Polski najczęściej spotyka się latem warunki termoneutralne (40–60% dni). Względna równowaga dni ze stresem zimna i stresem gorąca (po około 25–30%) występuje w regionach: Południowo-wschodnim, Świętokrzysko-małopolskim, Sudeckim i Karpackim (poza partiami szczytowymi gór). W regionach: Centralnym i Północno-wschodnim sytuacje pogodowe powodujące stres gorąca stanowią od 30 do 35% dni letnich.

Bardzo wyrazisty jest obraz przestrzenny częstości pojawiania się warunków pogodowych o różnym natężeniu uczucia parności (ryc. 103). Zarówno latem, jak i wiosną oraz jesienią najwięcej dni z umiarkowanym i silnym

Tabela 43. Częstość występowania (%) biotermicznych klas pogody w różnych regionach bioklimatycznych, 1971–1990

Region:	klasa pogody	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Rok
<i>dobowe kontrasty temperatury:</i>														
Nadmorski (Leba)	małe	89,5	84,8	73,9	60,7	46,1	57,2	60,2	54,5	64,3	71,6	92,2	95,8	70,8
	duże	10,5	15,2	26,1	39,3	53,9	42,8	39,8	45,5	35,7	28,4	7,8	4,2	29,2
Pojezierny (Polczyn)	małe	83,6	78,8	64,7	43,0	25,3	33,7	39,7	34,5	51,9	71,0	92,7	91,5	58,6
	duże	16,4	21,2	35,3	57,0	74,7	66,3	60,3	65,5	48,1	29,0	7,3	8,5	41,4
Pn.-wsch. (Gołdap)	małe	82,3	75,0	62,7	38,3	21,3	24,7	32,7	33,2	48,5	63,7	89,3	86,3	54,7
	duże	17,7	25,0	37,3	61,7	78,7	75,3	67,3	66,8	51,5	36,3	10,7	13,7	45,3
Centralny (Ciechocinek)	małe	82,4	74,2	60,9	33,7	22,8	21,0	21,7	21,1	37,0	55,3	88,2	90,4	50,1
	duże	17,6	25,8	39,1	66,3	77,2	79,0	78,3	78,9	63,0	44,7	11,8	9,6	49,9
(Warszawa***)	mała	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
	duża	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
Pd.-wsch. (Nałęczów)	małe	76,4	73,2	54,6	30,0	24,2	25,4	23,1	21,0	35,9	52,7	80,0	84,4	48,4
	duże	23,6	26,8	45,4	70,0	75,8	74,6	76,9	79,0	64,1	47,3	20,0	15,6	51,6
Świętokrzysko-małopolski (Szaniec)	małe	75,4	73,4	52,0	33,9	27,4	27,0	26,5	26,1	38,9	52,5	74,3	84,4	49,0
	duże	24,6	26,6	48,0	66,1	72,6	73,0	73,5	73,9	61,1	47,5	25,7	15,6	51,0
Sudecki (Lądek)	małe	81,0	72,6	59,5	43,5	27,6	29,2	29,2	29,8	45,3	57,9	80,3	82,3	53,1
	duże	19,0	27,4	40,5	56,5	72,4	70,8	70,8	70,2	54,7	42,1	19,7	17,7	46,9
(Glichołazy*)	małe	78,5	73,6	63,7	44,3	34,8	37,2	35,5	31,8	52,0	62,6	78,2	82,4	56,2
	duże	21,5	26,4	36,3	55,7	65,2	62,8	64,5	68,2	48,0	37,4	21,8	17,6	43,8
Karpacki (Rabka)	małe	57,6	50,4	37,7	33,7	19,9	22,3	23,4	24,9	37,0	37,9	59,8	63,1	39,1
	duże	42,4	49,6	62,3	66,3	80,1	77,7	76,6	75,1	63,0	62,1	40,2	36,9	60,9
(Hala Gąsienicowa**)	małe	68,4	66,9	61,3	81,3	58,1	52,7	65,8	64,5	66,7	72,9	80,7	74,2	67,8
	duże	31,6	33,1	38,7	18,7	41,9	47,3	34,2	35,5	33,3	27,1	19,3	25,8	32,2
<i>opad atmosferyczny - dzień:</i>														
Nadmorski (Leba)	bez opadu	69,2	76,6	72,1	77,7	78,4	74,3	66,9	71,6	63,0	66,0	57,0	60,5	69,4
	z opadem	30,8	23,4	27,9	22,3	21,6	25,7	33,1	28,4	37,0	34,0	43,0	39,5	30,6
Pojezierny (Polczyn)	bez opadu	67,4	77,2	74,0	74,3	74,0	69,4	65,6	71,7	67,8	70,8	64,9	64,5	70,2
	z opadem	32,6	22,8	26,0	25,7	26,0	30,6	34,4	28,3	32,2	29,2	35,1	35,5	29,8
Pn.-wsch. (Gołdap)	bez opadu	69,7	79,3	73,5	75,7	72,6	61,3	59,7	67,7	64,3	70,5	66,5	64,4	68,7
	z opadem	30,3	20,7	26,5	24,3	27,4	38,7	40,3	32,3	35,7	29,5	33,5	35,6	31,3
Centralny (Ciechocinek)	bez opadu	70,4	72,7	74,4	75,2	68,2	67,5	65,3	70,9	70,8	70,5	67,3	67,6	70,0
	z opadem	29,6	27,3	25,6	24,8	31,8	32,5	34,7	29,1	29,2	29,5	32,7	32,4	30,0
(Warszawa***)	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
Pd.-wsch. (Nałęczów)	bez opadu	72,9	76,9	78,6	76,1	70,8	63,5	72,7	75,9	72,3	75,2	76,5	68,9	73,4
	z opadem	27,1	23,1	21,4	23,9	29,2	36,5	27,3	24,1	27,7	24,8	23,5	31,1	26,6
Świętokrzysko-małopolski (Szaniec)	bez opadu	80,0	83,2	77,9	78,4	70,1	65,8	68,8	70,5	74,6	76,1	76,0	73,7	74,5
	z opadem	20,0	16,8	22,1	21,6	29,9	34,2	31,2	29,5	25,4	23,9	24,0	26,3	25,5
Sudecki (Lądek)	bez opadu	70,8	71,3	70,0	67,3	66,3	57,7	63,1	65,8	67,5	75,6	67,8	67,6	67,6
	z opadem	29,2	28,7	30,0	32,7	33,7	42,3	36,9	34,2	32,5	24,4	32,2	32,4	32,4
(Glichołazy*)	bez opadu	77,9	73,6	69,3	73,0	66,8	60,8	65,0	70,8	72,8	77,9	74,0	74,7	71,4
	z opadem	22,1	26,4	30,7	27,0	33,2	39,2	35,0	29,2	27,2	22,1	26,0	25,3	28,6
Karpacki (Rabka)	bez opadu	62,9	70,3	68,4	64,0	62,4	54,2	59,5	62,2	66,2	70,8	62,7	60,6	63,7
	z opadem	37,1	29,7	31,6	36,0	37,6	45,8	40,5	37,8	33,8	29,2	37,3	39,4	36,3
(Hala Gąsienicowa**)	bez opadu	67,7	48,6	46,5	48,0	51,0	43,3	34,8	57,4	62,7	47,7	53,3	59,4	51,7
	z opadem	32,3	51,4	53,5	52,0	49,0	56,7	65,2	42,6	37,3	52,3	46,7	40,6	48,3

Region:	klasa pogody	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Rok
<i>pokrywa śnieżna - dzień:</i>														
Nadmorski (Łeba)	bez śniegu	70,6	74,5	93,1	99,8	99,8	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	99,8	89,8	94,0
	ze śniegiem	29,4	25,5	6,9	0,2	0,2	.	.	.	.	.	0,2	10,2	6,0
Pn.-wsch. (Goldap)	bez śniegu	43,4	49,0	68,4	99,7	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	96,0	77,6	86,3
	ze śniegiem	56,6	51,0	31,6	0,3	.	.	.	.	.	.	4,0	22,4	13,7
Centralny (Ciechocinek)	bez śniegu	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
	ze śniegiem	2,4	3,1	4,0	.	.	.	.	.	.	.	3,3	4,1	1,4
(Warszawa***)	bez śniegu	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
	ze śniegiem	2,4	3,1	4,0	.	.	.	.	.	.	.	3,3	4,1	1,4
Sudecki (Łądek)	bez śniegu	67,6	65,7	84,2	96,3	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	89,2	76,9	90,1
	ze śniegiem	32,4	34,3	15,8	3,7	.	.	.	.	.	.	10,8	23,1	9,9
Karpacki (Rabka)	bez śniegu	35,3	37,0	65,0	96,7	99,8	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	31,3	30,3	81,2
	ze śniegiem	64,7	63,0	35,0	3,3	0,2	.	.	.	.	.	18,7	19,7	18,8
(Hala Gąsienicowa**)	bez śniegu	.	.	0,6	4,0	87,1	96,7	100,0	100,0	91,3	78,1	49,3	19,4	52,5
	ze śniegiem	100,0	100,0	99,4	96,0	12,9	3,3	.	.	8,7	21,9	50,7	80,6	47,5

* okres 1981–2000, ** okres 1996–2001, *** okres 1994–2001

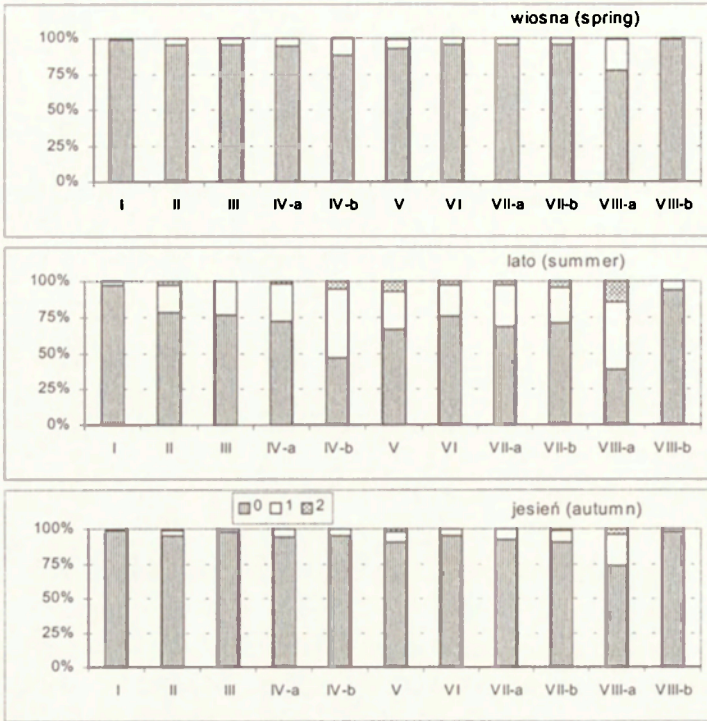
uczuciem parności występuje w miejscowościach leżących w dolinach karpackich. Znaczna liczba dni z silną parnością jest także notowana w regionie Południowo-wschodnim. Zdecydowanie najmniej sytuacji pogodowych charakteryzujących się stanami parności pojawia się w regionie Nadmorskim oraz w wysokich partiach gór.

Klasy pogody

Klasy pogody są wyznaczone na podstawie pojawiania się określonych sytuacji meteorologicznych: o różnej, dobowej kontrastowości warunków termicznych oraz występowaniu opadów atmosferycznych o sumie dobowej ≥ 1 mm i pokrywy śnieżnej o grubości ≥ 10 cm.

Sezonowy obraz zróżnicowania dobowych kontrastów temperatury powietrza jest dość złożony. W większości regionów Polski duże dobowe kontrasty temperatury dominują w okresie od kwietnia do sierpnia lub września. Wyjątek stanowią: region Nadmorski, gdzie tylko w maju duże wartości dt są notowane przez większość dni w miesiącu oraz Tatry, gdzie tylko w czerwcu liczba dni z dużymi kontrastami termicznymi zbliża się do 50%; w pozostałych miesiącach wynosi ona 19–42%. Specyficzne warunki termiczne panują także w Rabce, gdzie przez większą część roku dominuje pogoda o dużych dobowych kontrastach temperatury powietrza; od maja do sierpnia sytuacje takie stanowią 75–80% dni w miesiącu (tab. 43).

Duże dobowe kontrasty termiczne najczęściej występują wiosną i latem. Zwiększoną ich frekwencją odznaczają się miejscowości położone w dolinach, bez względu na region. Odmienna sytuacja panuje na obszarach nadmorskich



Ryc. 103. Częstość (%) występowania dni o różnym natężeniu uczucia parności w poszczególnych porach roku i regionach bioklimatycznych; (legenda p. ryc. 100); 0 – brak parności, 1 – umiarkowanie parno, 2 – bardzo parno

Frequency (%) of days with various intensity of sultriness (for explanations see fig. 100); 0 – non-sultry 1 – moderate, 2 – strong

i wysokogórskich, gdzie częstość dni z dużymi dobowymi kontrastami termicznymi jest wyraźnie mniejsza niż w pozostałej części Polski; prawidłowość ta dotyczy zwłaszcza wiosny i lata. Zimą zróżnicowanie przestrzenne tej cechy pogody prawie całkowicie zacierają się (ryc. 104).

Pod względem liczby dni z opadem atmosferycznym zaznaczają się 4 typy cyklu rocznego. W regionach: Nadmorskim, Pojeziernym i Północno-wschodnim najczęściej sytuacji pogodowych z opadem występuje w miesiącach jesiennych oraz w lipcu i w grudniu; stanowią one wtedy od 30 do 43% dni w miesiącu. W regionach: Centralnym, Południowo-wschodnim i Świętokrzysko-małopolskim tylko w czerwcu lub w lipcu pogoda z opadem przewyższa 1/3 dni w miesiącu. Z podobną frekwencją pogoda z opadem występuje od maja do lipca lub sierpnia w regionie Sudeckim. Najmniej korzystne dla rekreacji warunki opadowe notuje się w regionie Karpackim, gdzie przez większość miesięcy częstość dni z opadem jest większa od 33%, a w Tatrach od lutego do sierpnia – nawet od 50% (tab. 43).

Największe zróżnicowanie regionalne warunków pogodowych obserwuje się latem i jesienią (ryc. 105). W pozostałych porach roku znacznym zwiększeniem liczby dni z opadem charakteryzuje się jedynie region Karpacki. La-



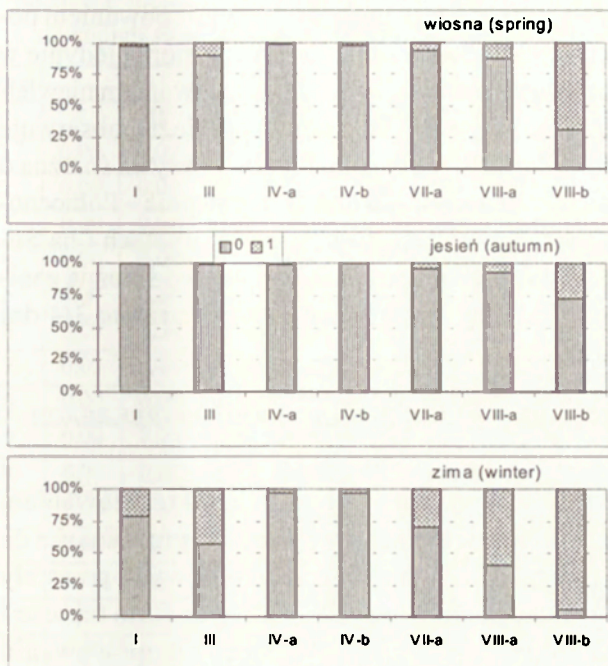
Ryc. 104. Częstość (%) występowania dni o różnym natężeniu dobowych kontrastów termicznych w poszczególnych porach roku i regionach bioklimatycznych (legenda p. ryc. 100); 0 – kontrasty małe, 1 – kontrasty duże

Frequency (%) of days with various intensity of daily temperature contrasts (for explanations see fig. 100); 0 – small, 1 – great



Ryc. 105. Częstość (%) występowania dni z opadem (1) i bez opadu (0) w poszczególnych porach roku i regionach bioklimatycznych (legenda p. ryc. 100)

Frequency (%) of days with precipitations (1) and without precipitations (0) – (for explanations see fig. 100)



Ryc. 106. Częstość (%) występowania dni bez (0) i z pokrywą śnieżną (1) w poszczególnych porach roku i regionach bioklimatycznych (legenda p. ryc. 100)

Frequency (%) of days without snow cover (0) and with snow cover (1) – (for explanations see fig. 100)

tem stosunkowo mało dni deszczowych notuje się w regionach: Nadmorskim oraz Północno- i Południowo-wschodnim, a najwięcej takich sytuacji jest w Karpatach. Jesienią natomiast najmniej dni z opadem występuje w regionach: Południowo-wschodnim, Świętokrzysko-małopolskim oraz Sudeckim. Podwyższoną frekwencją dni z opadem wyróżnia się natomiast region Nadmorski oraz Tatry.

Z uwagi na braki w materiałach obserwacyjnych warunki pogodowe pozwalające na uprawianie turystyki narciarskiej, oceniane na podstawie dni z pokrywą śnieżną o grubości ponad 10 cm, można było określić tylko dla niektórych regionów Polski: Nadmorskiego, Północno-wschodniego, Centralnego, Sudeckiego i Karpackiego. Na większości obszaru Polski pogoda sprzyjająca uprawianiu narciarstwa występuje przez nie więcej niż 6% dni w roku. W regionach: Sudeckim i Północno-wschodnim dobre warunki śniegowe są notowane przez 10–15% dni w roku, z kulminacją w styczniu i lutym. W Karpatach dni korzystnych dla turystyki narciarskiej jest w roku około 19%, a ich największa częstość przypada na styczeń i luty, osiągając ponad 60%. W najwyższych częściach Karpat (Tatry) od listopada do kwietnia pogoda z pokrywą śnieżną stanowi ponad 50% dni w miesiącu, osiągając w styczniu i lutym wartość 100% (tab. 43).

Przestrzenne zróżnicowanie sytuacji pogodowych z występowaniem pokrywy śnieżnej jest najbardziej widoczne zimą i wiosną; jesienią jedynie w regionach: Sudeckim i Karpackim można się liczyć z występowaniem niewielkiej liczby dni śnieżnych. Zimą najwięcej dni z pokrywą śnieżną obserwuje się w regionie Karpackim (w Tatrach, w styczniu i lutym pokrywa śnieżna o grubości ponad 10 cm występuje przez wszystkie dni), a następnie – Północno-wschodnim. W Sudetach jest ich wyraźnie mniej niż w Karpatach i na Suwalszczyźnie. Wiosną na większości obszaru Polski pokrywa śnieżna zanika dość szybko. Jedynie w Tatrach występuje ona przez prawie 3/4 dni wiosennych (ryc. 106).

8.3.2. PRZYKŁADY KALENDARZY PRZYDATNOŚCI POGODY DO REKREACJI I TURYSTYKI

Z punktu widzenia aplikacyjnego, poza samym scharakteryzowaniem biotermicznych cech pogody istotne jest dokonanie oceny jej przydatności do rekreacji i turystyki. Przy okazji różnych badań szczegółowych powstały kalendarze przydatności warunków pogodowych do różnych form rekreacji i turystyki dla niektórych obszarów i okresów. W obecnym opracowaniu podano zatem tylko kilka przykładów takich kalendarzy. Zawarte są w nich średnie dla każdego dnia badanego okresu wartości wskaźników oceny pogody do kąpiei słonecznych (WEI_{avgSB}), kąpiei powietrznych (WEI_{avgAB}), łagodnych form rekreacji ruchowej (WEI_{avgR}), intensywnych form rekreacji (WEI_{avgAR}) oraz turystyki narciarskiej (WEI_{avgST}). Przydatność pogody do wymienionych form rekreacji określają następujące wartości progowe wskaźników WEI_{avg} :

0,00–0,49	– pogoda niekorzystna,
0,50–1,19	– pogoda umiarkowanie korzystna,
1,20–1,99	– pogoda korzystna,
> 2,00	– pogoda bardzo korzystna.

Warszawa

Kalendarz przydatności pogody do rekreacji w Warszawie opracowano na podstawie danych z lat 1994–2001 (Błazejczyk 2002a). Pogoda korzystna dla kąpiei słonecznych rozpoczyna się najczęściej w trzeciej dekadzie kwietnia i trwa do końca września. Warunki bardzo korzystne dla tej formy rekreacji najczęściej można napotkać w maju i czerwcu. W kwietniu oraz przez pierwszą i drugą dekadę października dominują warunki pogodowe umiarkowanie korzystne do kąpiei słonecznych. Od trzeciej dekady października aż do końca marca warunki pogodowe w aglomeracji warszawskiej nie pozwalają na korzystanie z kąpiei słonecznych (tab. 44).

Tabela 44. Średnie wartości wskaźnika oceny przydatności warunków pogodowych do kąpielii słonecznych (WEI_{aveSB}) w kolejnych dniach roku, Warszawa-Okęcie

Dzień	Miesiące											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1	0,00	0,00	0,00	<i>1,13</i>	<u>1,75</u>	<u>1,50</u>	<u>1,50</u>	<i>1,13</i>	<i>1,00</i>	<i>1,13</i>	0,25	0,00
2	0,00	0,00	0,00	<i>0,63</i>	<u>1,50</u>	<u>1,50</u>	<u>1,25</u>	<i>1,13</i>	<u>1,50</u>	<i>0,75</i>	0,13	0,00
3	0,00	0,00	0,00	<i>0,75</i>	2,25	<i>1,00</i>	<u>1,50</u>	<u>1,25</u>	<u>1,25</u>	<i>1,00</i>	0,00	0,00
4	0,00	0,00	0,13	<i>1,00</i>	2,00	<u>1,75</u>	<i>1,13</i>	<i>1,00</i>	<u>1,75</u>	<i>0,88</i>	0,00	0,00
5	0,00	0,00	0,25	<i>0,50</i>	<u>1,75</u>	<u>1,75</u>	<i>1,13</i>	<u>1,38</u>	<u>1,75</u>	<u>1,25</u>	0,13	0,00
6	0,00	0,00	0,00	<i>0,50</i>	<u>1,50</u>	<u>1,25</u>	<i>1,13</i>	<u>1,38</u>	<u>1,50</u>	<i>1,13</i>	0,00	0,00
7	0,00	0,00	0,00	<i>0,75</i>	2,00	<u>1,38</u>	<u>1,50</u>	<u>1,25</u>	2,00	<i>0,88</i>	0,13	0,00
8	0,00	0,00	0,00	0,38	2,50	<u>1,63</u>	<u>1,25</u>	<u>1,50</u>	2,25	<i>0,88</i>	0,00	0,00
9	0,00	0,00	0,00	<i>0,50</i>	<u>1,75</u>	<i>0,88</i>	<i>1,13</i>	<u>1,75</u>	<u>1,50</u>	<i>0,63</i>	0,00	0,00
10	0,00	0,00	0,25	<i>0,63</i>	2,25	2,25	<u>1,63</u>	<u>1,50</u>	<u>1,88</u>	<i>0,75</i>	0,00	0,00
11	0,00	0,00	0,25	<i>0,50</i>	<u>1,25</u>	<u>1,38</u>	<u>1,50</u>	<u>1,75</u>	<u>1,38</u>	0,38	0,00	0,00
12	0,00	0,00	0,25	<i>0,63</i>	2,00	<u>1,25</u>	<u>1,50</u>	<u>1,25</u>	2,00	0,63	0,00	0,00
13	0,00	0,00	0,38	0,38	2,00	<u>1,75</u>	<i>1,13</i>	<u>1,50</u>	<u>1,75</u>	0,75	0,38	0,00
14	0,00	0,00	0,00	<i>0,63</i>	<u>1,50</u>	2,00	<i>1,13</i>	<u>1,25</u>	<i>1,00</i>	<u>1,25</u>	0,00	0,00
15	0,00	0,00	0,00	<i>0,88</i>	<u>1,25</u>	<u>1,50</u>	<u>1,88</u>	<i>1,00</i>	<i>0,88</i>	<i>0,88</i>	0,00	0,00
16	0,00	0,00	0,00	<i>1,13</i>	<u>1,25</u>	2,00	<u>1,25</u>	<u>1,75</u>	<u>1,38</u>	0,38	0,00	0,00
17	0,00	0,00	0,00	1,25	2,00	2,00	<u>1,25</u>	<u>1,38</u>	<u>1,25</u>	<i>0,75</i>	0,00	0,00
18	0,00	0,00	0,00	<i>0,75</i>	<u>1,75</u>	2,00	<u>1,25</u>	<u>1,25</u>	<i>0,88</i>	<i>1,13</i>	0,00	0,00
19	0,00	0,00	0,00	<i>1,13</i>	<u>1,50</u>	2,25	<u>1,25</u>	<i>0,88</i>	<i>0,75</i>	0,25	0,00	0,00
20	0,00	0,00	0,00	<i>1,00</i>	<u>1,63</u>	2,63	<u>1,25</u>	<u>1,38</u>	<u>1,63</u>	0,00	0,00	0,00
21	0,00	0,00	0,00	<i>0,75</i>	<u>1,75</u>	<u>1,38</u>	<i>1,13</i>	<u>1,50</u>	<i>1,00</i>	0,00	0,00	0,00
22	0,00	0,00	0,00	<u>1,25</u>	2,00	<i>1,13</i>	<u>1,50</u>	<u>1,50</u>	<u>1,63</u>	0,13	0,00	0,00
23	0,00	0,00	0,00	<i>1,00</i>	2,50	<u>1,75</u>	<u>1,75</u>	<u>1,50</u>	<u>1,63</u>	0,13	0,00	0,00
24	0,00	0,00	0,13	<u>1,63</u>	2,50	<u>1,50</u>	<u>1,50</u>	<u>1,38</u>	<i>1,13</i>	0,13	0,00	0,00
25	0,00	0,00	0,13	2,00	2,50	2,00	<i>1,13</i>	<u>1,25</u>	<u>1,25</u>	0,25	0,00	0,00
26	0,00	0,00	0,25	2,00	2,25	2,00	<i>1,13</i>	<u>1,75</u>	<u>1,63</u>	<i>0,88</i>	0,00	0,00
27	0,00	0,00	0,25	<u>1,25</u>	<u>1,50</u>	<u>1,50</u>	<i>1,13</i>	<u>1,75</u>	<u>1,38</u>	0,00	0,00	0,00
28	0,00	0,00	0,13	<u>1,88</u>	<i>1,00</i>	<i>1,00</i>	<u>1,38</u>	<u>1,25</u>	<u>1,38</u>	0,00	0,00	0,00
29	0,00		0,13	2,13	<u>1,25</u>	<u>1,25</u>	<i>0,88</i>	<u>1,25</u>	<u>1,38</u>	0,13	0,00	0,00
30	0,00		0,25	2,00	<u>1,25</u>	<i>1,13</i>	<i>1,13</i>	2,25	<i>1,00</i>	0,13	0,00	0,00
31	0,00		0,38		<i>1,00</i>		<u>1,63</u>	<i>1,13</i>		0,38		0,00

Waloryzacja warunków pogodowych:

x,x	x,x	x,x	x,x
warunki niekorzystne	warunki umiarkowanie korzystne	warunki korzystne	warunki bardzo korzystne

Tabela 45. Średnie wartości wskaźnika oceny przydatności warunków pogodowych do kąpielii powietrznych (WEI_{wAB}) w kolejnych dniach roku, Warszawa-Okęcie

Dzień	Miesiące											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1	0,00	0,63	0,75	1,25	1,50	1,25	1,50	1,13	1,00	1,25	0,88	0,25
2	0,00	0,25	0,63	0,88	1,50	1,50	1,25	1,13	1,50	0,88	0,63	0,00
3	0,00	0,50	0,50	0,75	1,75	1,00	1,50	1,25	1,25	1,00	0,50	0,00
4	0,00	0,38	0,63	1,25	1,75	1,50	1,13	1,00	1,75	1,00	0,50	0,13
5	0,00	0,50	0,50	1,00	1,50	1,75	1,13	1,38	1,75	1,63	0,88	0,00
6	0,00	0,63	0,88	0,50	1,25	1,25	1,13	1,38	1,50	1,38	1,00	0,00
7	0,00	0,50	0,75	1,00	2,00	1,38	1,50	1,25	2,00	1,25	0,38	0,00
8	0,00	0,38	0,63	0,63	2,50	1,63	1,25	1,50	2,25	1,13	0,13	0,00
9	0,00	0,63	0,88	0,75	1,75	0,88	1,13	1,75	1,50	0,63	0,63	0,00
10	0,00	0,88	0,88	1,13	2,25	2,25	1,63	1,50	1,88	1,00	1,00	0,00
11	0,13	0,63	0,75	0,63	1,25	1,38	1,50	1,75	1,50	0,63	0,88	0,00
12	0,13	0,50	0,75	0,75	1,75	1,25	1,50	1,25	2,00	1,00	0,88	0,00
13	0,00	0,38	0,88	0,63	1,75	1,75	1,13	1,50	1,75	1,13	1,13	0,00
14	0,25	0,50	0,63	0,38	1,25	2,00	1,13	1,25	1,00	1,63	0,63	0,13
15	0,13	0,50	0,63	0,63	1,00	1,50	1,88	1,00	0,88	1,00	0,75	0,00
16	0,00	0,38	0,88	1,25	1,25	2,00	1,25	1,75	1,38	0,75	0,38	0,00
17	0,13	0,50	0,88	1,38	2,00	2,00	1,25	1,38	1,50	1,13	0,75	0,00
18	0,13	0,75	0,63	0,88	1,75	2,00	1,25	1,25	1,13	1,50	0,63	0,00
19	0,13	0,50	0,63	1,38	1,50	2,25	1,25	0,88	0,88	0,88	0,63	0,00
20	0,13	0,25	0,88	1,13	1,38	2,63	1,25	1,38	1,63	0,75	0,63	0,00
21	0,50	0,50	0,75	1,00	1,25	1,38	1,13	1,50	1,00	0,88	0,25	0,00
22	0,50	0,38	1,00	1,38	1,75	1,13	1,50	1,50	1,63	0,75	0,00	0,00
23	0,38	0,50	0,75	1,25	2,50	1,75	1,75	1,50	1,75	1,00	0,00	0,00
24	0,75	0,50	0,88	1,63	2,50	1,50	1,50	1,38	1,13	0,88	0,00	0,00
25	0,63	0,88	0,88	2,00	2,50	2,00	1,13	1,25	1,38	0,75	0,00	0,00
26	0,50	0,75	0,63	2,00	2,25	2,00	1,13	1,75	1,63	1,25	0,13	0,00
27	0,50	0,75	0,75	1,25	1,50	1,50	1,13	1,75	1,50	0,63	0,00	0,00
28	0,13	0,75	0,63	1,63	1,00	1,00	1,38	1,25	1,50	0,50	0,00	0,00
29	0,50		0,63	2,00	1,25	1,25	0,88	1,25	1,50	0,50	0,00	0,00
30	0,63		0,75	1,75	1,25	1,13	1,13	2,25	1,13	0,38	0,13	0,00
31	0,50		0,88		1,00		1,63	1,13		0,75		0,00

Waloryzacja warunków pogodowych:

x,x

x,x

x,x

x,x

warunki niekorzystne

warunki umiarkowanie
korzystne

warunki korzystne

warunki bardzo
korzystne

Tabela 46. Średnie wartości wskaźnika oceny przydatności warunków pogodowych do łagodnych form rekreacji ruchowej ($WEI_{.....}$) w kolejnych dniach roku

Dzień	Miesiące											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1	1,00	2,25	2,00	2,25	1,50	0,88	1,00	0,75	1,25	2,25	2,25	1,50
2	0,88	1,50	2,25	2,00	2,25	1,38	1,25	0,50	1,50	2,50	2,00	1,00
3	0,88	1,75	1,75	2,00	2,50	0,75	1,00	1,00	1,75	1,75	1,75	1,00
4	1,00	1,75	2,25	1,75	2,13	1,50	0,88	0,75	2,00	1,75	2,00	1,00
5	1,00	2,00	2,00	1,75	1,88	1,25	0,88	1,13	2,00	2,50	2,50	1,00
6	1,00	2,00	2,50	2,00	1,63	0,63	1,00	0,88	2,00	2,75	3,00	0,88
7	1,00	2,00	2,25	2,00	1,38	0,88	0,88	0,75	2,25	2,75	1,75	1,00
8	1,00	1,75	2,25	1,75	1,75	0,88	0,75	1,00	2,25	2,50	1,25	1,00
9	1,00	2,25	2,50	1,75	1,25	0,63	0,88	1,50	1,75	2,00	2,25	1,00
10	1,00	2,75	2,75	1,75	1,75	1,63	1,38	1,38	2,00	2,00	3,00	0,88
11	1,25	2,00	2,50	1,75	0,75	1,00	0,88	1,50	2,00	1,75	2,75	1,00
12	1,25	2,00	2,50	1,25	1,75	0,88	1,00	1,00	2,50	2,25	2,75	1,00
13	1,00	1,75	2,25	1,25	1,50	1,63	0,63	1,13	2,00	2,50	2,75	1,00
14	1,50	1,75	2,00	1,25	1,25	1,63	0,63	1,00	1,25	2,75	2,25	0,88
15	1,25	1,75	2,25	2,25	1,13	1,00	1,13	0,75	2,00	2,50	2,25	0,88
16	1,00	1,75	2,75	2,00	1,38	1,88	1,00	1,50	2,25	2,50	1,50	1,00
17	1,25	2,00	2,75	1,75	1,75	2,00	0,75	1,25	2,25	2,50	2,25	1,00
18	1,25	2,50	2,25	1,63	1,25	1,25	1,13	0,88	2,50	3,00	2,25	1,00
19	1,25	2,00	2,00	1,63	1,25	1,50	0,75	0,63	2,25	2,75	2,25	1,00
20	1,25	1,50	2,50	1,63	1,50	1,88	0,75	1,13	2,50	2,50	2,25	1,00
21	1,75	2,00	2,50	1,38	1,63	0,75	0,50	1,25	2,25	2,75	1,50	1,00
22	2,00	1,50	2,75	1,38	2,13	0,88	1,25	1,50	2,50	2,50	1,00	0,88
23	1,75	1,75	2,50	1,13	1,75	1,38	1,50	1,38	2,50	3,00	1,00	0,88
24	2,50	2,00	2,25	1,88	1,75	1,38	1,38	1,38	2,50	2,75	1,00	1,00
25	2,25	2,75	2,50	2,00	2,13	1,25	1,00	1,25	2,50	2,25	1,00	1,00
26	1,75	2,50	2,25	1,75	1,75	1,38	1,00	1,50	2,75	2,50	1,25	0,88
27	2,00	2,25	2,00	1,38	1,00	1,25	1,00	1,50	2,25	2,25	1,00	1,00
28	1,25	2,50	2,25	1,63	0,75	0,75	1,25	1,00	2,50	1,75	1,00	1,00
29	1,75		2,25	1,63	1,13	0,88	0,63	1,25	2,75	1,50	1,00	1,00
30	2,00		2,25	1,75	1,00	0,88	0,75	2,25	2,00	1,75	1,25	1,00
31	1,75		2,75		0,88		0,88	1,25		2,50		1,00

Waloryzacja warunków pogodowych:

x, x	x, x	x, x	x, x
warunki niekorzystne	warunki umiarkowanie korzystne	warunki korzystne	warunki bardzo korzystne

Okres sprzyjający stosowaniu kąpeli powietrznych rozpoczyna się około połowy kwietnia i trwa do pierwszej dekady października. Warunki bardzo korzystne dla tej formy rekreacji najczęściej występują w maju i czerwcu, a sporadycznie można je także spotkać w kwietniu i wrześniu. Pogoda umiarkowanie korzystna dla kąpeli powietrznych dominuje w lutym i marcu oraz od drugiej dekady października do drugiej dekady listopada. Po tym okresie, aż do końca stycznia warunki pogodowe nie sprzyjają kąpielom powietrznym (tab. 45).

W przypadku łagodnych form rekreacji ruchowej bardzo korzystne warunki do ich stosowania panują od trzeciej dekady stycznia do pierwszej dekady kwietnia oraz od początku września do drugiej dekady listopada. Pogoda korzystna dla łagodnej terapii ruchowej dominuje od drugiej dekady kwietnia do końca czerwca oraz w drugiej połowie sierpnia. W lipcu oraz w pierwszej dekadzie sierpnia warunki pogodowe jedynie umiarkowanie korzystne dla rekreacji ruchowej, z uwagi na stosunkowo wysoką wtedy temperaturę odczuwalną (tab. 46).

Bardzo korzystne dla intensywnej rekreacji ruchowej warunki pogodowe trwają od połowy września do pierwszych dni kwietnia. Przez pozostałe dni kwietnia i września oraz w pierwszej dekadzie maja występuje pogoda sprzyjająca aktywnej rekreacji. Natomiast przez znaczną liczbę dni letnich warunki pogodowe są niekorzystne dla aktywnej rekreacji z uwagi na wysoką w tym okresie temperaturę odczuwalną i znaczne zagrożenie stanami parności, które w przypadku dużej aktywności fizycznej człowieka stwarzają sytuacje niebezpieczne dla zdrowia człowieka (tab. 47).

Tatry

Kalendarze przydatności pogody do rekreacji w Tatrach opracowano na podstawie danych z okresu 1996–2000 oddzielnie dla Kasprowego Wierchu i Hali Gąsienicowej. Wybrano miesiące o największym natężeniu ruchu turystycznego: grudzień-styczeń-luty oraz czerwiec-lipiec-sierpień (Sitek 2003).

Pogoda korzystna dla kąpeli słonecznych występuje w Tatrach stosunkowo rzadko, zarówno w dolinach, jak i na szczytach tatrzańskich. Przez większość dni badanych okresów występują niekorzystne dla kąpeli słonecznych warunki pogodowe. Warunki umiarkowanie korzystne pojawiają się jedynie latem, zwłaszcza w sierpniu. Podobnie, jak w odniesieniu do kąpeli słonecznych, warunki pogodowe panujące w Tatrach nie sprzyjają korzystaniu z kąpeli powietrznych. Jedynie w sierpniu zdarza się pogoda korzystna do tej formy rekreacji, zwłaszcza w dolinach tatrzańskich (tab. 48 i 49).

W przypadku łagodnych form rekreacji ruchowej korzystne lub bardzo korzystne warunki dla ich stosowania panują stosunkowo często, zarówno w okresie letnim, jak i w zimowym. Bardzo pozytywnie wyróżnia się pod tym względem sierpień, w którym wyjątkowo często występują bardzo korzystne warunki pogodowe. Stwierdzenia powyższe odnoszą się także do aktywnych form rekreacji ruchowej (tab. 50 i 51).

Ważną formą turystyki górskiej jest w okresie zimowym turystyka narciarska. Zarówno w partiach szczytowych, jak i w dniach dolin górskich panują wtedy warunki pogodowe korzystne lub bardzo korzystne dla sportów narciarskich. Pewne ograniczenia, występujące w niektórych dniach zimowych wynikają nie z grubości pokrywy śnieżnej, ale ze zbyt surowych warunków biotermicznych, charakteryzujących się odczuciami ciepłymi „zimno” przy bardzo dużych stratach ciepła z organizmu w wyniku silnej konwekcji (tab. 50 i 51).

Świnoujście

Kalendarz przydatności pogody do rekreacji w Świnoujściu opracowano na podstawie danych z lat 1971–1990. Wybrano miesiące o największym natężeniu ruchu turystycznego i największej liczbie kuracjuszy w uzdrowisku: czerwiec, lipiec i sierpień (Kowalkowska 2003). Dane z tej stacji są reprezentatywne dla zachodniej części polskiego wybrzeża Bałtyku.

Przez prawie cały okres letni panują w Świnoujściu warunki pogodowe korzystne dla kąpeli słonecznych. Najwięcej takich dni obserwuje się w sierpniu. W podobny sposób kształtuje się częstość warunków pogodowych rozpatrywanych z punktu widzenia ich przydatności do kąpeli słonecznych. Tylko w nielicznych dniach pogoda jest umiarkowanie korzystna, tak dla kąpeli słonecznych, jak i dla kąpeli powietrznych (tab. 52).

Jedynie pojedyncze dni letnie charakteryzują się pogodą umiarkowanie korzystną dla łagodnych form rekreacji ruchowej. Przez prawie wszystkie dni panuje pogoda korzystna, a niekiedy nawet bardzo korzystna dla tej formy spędzania wolnego czasu. W znacznie mniejszym stopniu, niż w przypadku łagodnej rekreacji ruchowej, warunki pogodowe sprzyjają stosowaniu intensywnych form wypoczynku w terenie otwartym (tab. 53).

Ustka

Kalendarz przydatności pogody do rekreacji w Ustce opracowano na podstawie danych z lat 1971–1990. Wybrano miesiące o największym natężeniu ruchu turystycznego i największej liczbie kuracjuszy w uzdrowisku: czerwiec, lipiec i sierpień (Kowalkowska 2003). Dane z tej stacji są reprezentatywne dla środkowej części polskiego wybrzeża Bałtyku.

Tabela 53. Średnie wartości wskaźnika oceny przydatności warunków pogodowych do łagodnych form rekreacji ruchowej (WEI_{avgMR}) i aktywnych form rekreacji ruchowej (WEI_{avgAR}) w kolejnych dniach wybranych miesięcy, Świnoujście i Ustka (Kowalkowska 2003)

dzień	Świnoujście						Ustka					
	Łagodne formy rekreacji ruchowej (WEI_{avgMR})			Aktywne formy rekreacji ruchowej (WEI_{avgAR})			Łagodne formy rekreacji ruchowej (WEI_{avgMR})			Aktywne formy rekreacji ruchowej (WEI_{avgAR})		
	VI	VII	VIII	VI	VII	VIII	VI	VII	VIII	VI	VII	VIII
1	1,35	1,85	1,60	1,45	1,25	0,75	1,65	1,30	1,10	1,25	0,90	0,55
2	2,00	1,60	1,75	1,60	1,15	1,00	1,20	1,40	0,95	0,50	0,85	0,40
3	1,75	1,70	1,25	1,25	1,00	0,80	1,25	1,05	1,00	0,60	0,70	0,65
4	1,70	1,70	1,40	1,15	0,70	1,15	1,05	1,40	1,30	0,55	0,60	1,00
5	1,55	1,75	2,25	1,05	0,85	1,35	1,20	1,00	1,35	0,85	0,55	0,95
6	1,90	1,25	1,75	1,30	0,60	0,85	1,45	1,25	1,20	0,95	0,60	0,80
7	1,85	1,35	1,40	1,20	0,50	0,95	1,35	1,10	0,95	0,85	0,60	0,45
8	1,60	1,45	1,50	1,30	1,10	0,80	1,45	1,30	0,95	0,75	0,95	0,60
9	1,50	1,55	1,80	1,35	0,60	1,00	1,30	0,90	1,30	0,85	0,45	0,45
10	1,80	1,60	1,65	1,20	0,90	1,05	1,35	1,50	0,75	0,85	0,95	0,35
11	1,80	1,60	1,60	1,15	0,95	0,75	1,30	1,45	0,95	0,60	1,05	0,40
12	1,80	2,05	1,95	1,10	0,85	1,00	1,15	1,65	1,25	0,55	0,95	0,55
13	1,85	1,85	1,80	1,50	0,85	1,00	1,45	1,65	0,60	0,95	0,90	0,20
14	1,90	1,85	1,30	1,60	1,40	0,55	1,15	1,15	1,20	0,65	0,85	0,75
15	1,95	1,65	1,20	1,45	0,75	0,60	1,60	1,65	0,50	1,05	0,75	0,05
16	2,10	1,95	1,60	1,35	0,95	1,00	1,65	1,40	0,60	1,25	0,85	0,20
17	2,10	1,90	1,50	1,55	1,40	1,50	1,45	1,20	1,35	0,60	0,60	0,50
18	1,80	1,90	1,80	1,10	1,60	1,40	1,35	1,65	1,25	0,70	1,15	0,65
19	1,85	2,05	1,65	0,80	1,15	0,95	1,55	1,40	0,90	1,10	0,70	0,45
20	1,85	1,90	1,75	1,25	1,25	1,40	1,50	1,20	0,60	1,00	0,85	0,25
21	1,50	1,85	1,50	1,10	1,30	0,90	1,15	1,30	1,25	0,45	0,65	0,65
22	1,75	1,75	1,70	1,05	1,50	1,25	1,20	1,60	1,30	0,90	0,95	0,65
23	1,85	1,80	1,80	0,90	1,15	1,05	1,15	1,10	1,35	0,75	0,60	0,35
24	1,30	1,90	1,85	0,80	1,45	1,20	1,63	0,95	1,20	0,95	0,35	0,55
25	1,05	1,80	2,00	0,55	1,40	1,05	1,05	1,40	1,00	0,35	1,00	0,45
26	1,00	1,80	1,95	0,60	0,75	1,55	1,00	1,50	1,30	0,70	1,15	0,95
27	1,50	2,20	2,00	1,35	1,40	1,25	1,20	1,05	1,10	0,65	0,55	0,60
28	2,00	1,60	2,05	1,15	0,80	1,05	1,35	1,15	1,30	0,60	0,65	0,65
29	1,65	1,95	1,40	1,25	0,95	1,00	1,30	1,25	0,90	1,05	1,15	0,50
30	1,20	1,90	1,65	0,90	0,95	0,75	1,00	0,95	0,95	0,45	0,50	0,70
31		1,55	1,75		1,20	1,10		1,05	1,00		0,60	0,65

Waloryzacja warunków pogodowych:

x,x

x,x

x,x

x,x

warunki niekorzystne

warunki umiarkowanie
korzystne

warunki korzystne

warunki bardzo
korzystne

Pogoda w Ustce jest mniej korzystna dla kąpeli słonecznych i powietrznych niż pogoda w Świnoujściu. Przez większą część sezonu letniego warunki pogodowe w Ustce są jedynie umiarkowanie korzystne dla kąpeli słonecznych. Z kąpeli powietrznych można natomiast bez większych przeszkód korzystać w pierwszej połowie czerwca i pierwszej połowie lipca (tab. 52).

Przez zdecydowaną większość dni w czerwcu i lipcu panują warunki korzystne do korzystania z łagodnych form rekreacji ruchowej. Sierpień przedstawia się pod tym względem znacznie mniej korzystnie niż czerwiec i lipiec. W przypadku aktywnych form rekreacji ruchowej pogoda w Ustce odznacza się małą dla nich przydatnością. Przez znaczną część dni sierpnia występuje tu pogoda niekorzystna dla tej formy wypoczynku (tab. 53).

9. ZAKOŃCZENIE

Podczas licznych rozmów prowadzonych z aktualnymi oraz potencjalnymi turystami i wczasowiczami pytam, czego Pan/Pani oczekuje, wybierając to miejsce i ten okres wypoczynku. W każdej odpowiedzi na jednym z pierwszych miejsc znajduje się „ładna” pogoda lub „dobry” klimat. Niektórzy precyzują swe oczekiwania jeszcze bardziej konkretnie, wymieniając „dużo słońca”, odpowiednią temperaturę, a zimą dużo śniegu. Bardzo często dopiero na dalszych miejscach w „rankingu” oczekiwań podawane są warunki lokalowe, dobre jedzenie, łatwy dojazd czy dodatkowe atrakcje.

Wychodząc naprzeciw oczekiwaniom turystów coraz więcej biur podróży proponuje mieszkańcom Polski wypoczynek w „ciepłych krajach”, gdzie „zawsze świeci słońce” a deszcz „nigdy nie pada”. Niestety, te określenia (celowo napisane w cudzysłowie) są jcdynymi informacjami dotyczącymi klimatu wybranego miejsca. Z punktu widzenia ergonomii rekreacji są one niewystarczające. Nie mówią bowiem całej prawdy o warunkach klimatycznych „wymarzonego” miejsca.

Wydaje się, że brak rzetelnej informacji o warunkach bioklimatycznych danego miejsca w wielu przypadkach wynika z pomniejszania, przez organizatorów turystyki i wypoczynku, roli czynnika klimatycznego. Tym z nich, którzy chcieliby zapewnić swym klientom pełną informację o warunkach wypoczynku w danym miejscu wiadomości zawarte w książce pozwolą zrozumieć, jak ważnym składnikiem efektywnego wypoczynku jest pogoda i klimat oraz podpowiedzą, jakich informacji o walorach bioklimatycznych należy poszukiwać w dostępnych źródłach danych.

Zdarzają się niestety sytuacje, że firmy turystyczne świadomie przemilczają pewne fakty z zakresu warunków klimatycznych, które mogłyby zmniejszyć zainteresowanie potencjalnych klientów. Przykładem mogą być informacje o bardzo uciążliwych warunkach biotermicznych panujących na wybrzeżu greckim i tureckim w drugiej połowie lata. Każdy turysta powinien zdawać sobie sprawę zarówno z walorów bioklimatycznych danego obszaru (małe zachmurzenie, duża liczba godzin ze słońcem, brak opadów), jak również z istniejących zagrożeń i niebezpieczeństw (temperatura sięgająca 40°C, zagrożenie szkodliwym promieniowaniem UV).

Większość z nas stara się w swych działaniach kierować przesłankami racjonalnymi, a decyzje podejmować w pełni świadomie. Mam nadzieję, że informacje zawarte w książce pozwolą lepiej niż dotychczas zrozumieć złożone relacje zachodzące pomiędzy organizmem człowieka a otaczającą atmosferą, w trakcie różnych form rekreacji i turystyki.

W sytuacji, gdy pracujemy coraz intensywniej organizm nasz potrzebuje także intensywnego, racjonalnego i efektywnego wypoczynku i rekreacji podejmowanych nie tylko raz lub dwa razy w roku. Bardzo ważny jest wypoczynek codzienny oraz cotygodniowy. W tym przypadku jesteśmy niejako „skazani” na panujące wtedy warunki pogodowe. Powinniśmy zatem wiedzieć, jaka forma rekreacji jest optymalna w danych warunkach pogodowych. W warunkach klimatycznych Polski dni, w których pogoda wyklucza korzystanie z wypoczynku w terenie otwartym jest niewiele. Trzeba jednak pamiętać, że nie każda sytuacja atmosferyczna pozwala na bezpieczne i efektywne uprawianie każdej z form rekreacji. Wskazówki zawarte w książce sprzyjają racjonalnemu i świadomemu podejmowaniu codziennych decyzji w tym zakresie.

Część metodyczna opracowania jest adresowana przede wszystkim do specjalistów z dziedziny klimatologii i bioklimatologii, termofizjologii i ergonomii pracy, medycyny i profilaktyki zdrowia. Dostarcza im ona nowoczesnych narzędzi badań i oceny wpływu środowiska atmosferycznego na organizm człowieka. Proponowane w opracowaniu metody oparte na analizie bilansu cieplnego człowieka pozwalają na w pełni obiektywne i szczegółowe określenie tych oddziaływań.

Charakterystyka warunków bioklimatycznych Polski zawiera zarówno klasyczne informacje bioklimatyczne (warunki radiacyjne, termiczne, wilgotnościowe, opadowe, wietrzna), jak i informacje o sezonowej i przestrzennej zmienności warunków biotermicznych, opisanych przy pomocy najnowszych wskaźników opartych na analizie bilansu cieplnego człowieka. Wykonane analizy potwierdzają duże zróżnicowanie czasowe i regionalne bioklimatu Polski. Zróżnicowanie to daje ogromne możliwości wykorzystania w racjonalny sposób zasobów klimatycznych naszego kraju w rekreacji i turystyce. Informacje te mogą być przydatne nie tylko dla osób zajmujących się profesjonalnie organizacją wypoczynku, ale także dla każdego turysty i rekreanta, który chce wypoczywać świadomie i efektywnie.

Zagadnieniami, które wymagają odrębnych badań są:

1) charakterystyka warunków bioklimatycznych wybranych obszarów Europy i świata, najczęściej odwiedzanych przez turystów oraz

2) określenie, w jaki sposób lokalne cechy środowiska przyrodniczego i środowiska przekształconego przez człowieka modyfikują warunki bioklimatyczne i jak wpływają one na możliwość oraz efektywność rekreacji i turystyki. Trwają intensywne badania w tym zakresie i doczekają się one wkrótce oddzielnych opracowań.

LITERATURA

- Abdumalikov T.I., 1974, *Bioklimatičeskaja ocenka nekotorych landsaftov Srednej Azii*, Trudy SARNIGMI, 20, s. 76–80.
- Ajzenštat B.A., 1973, *Bioklimatičeskij atlas Srednej Azii*, Gidrometeoizdat, Moskva.
- 1987, *Health and the heat balance of the human body*, [w:] *Climate and human health*, Proceedings Symposium in Leningrad, 22–26 Sept. 1986, s. 170–181.
- Aschoff J., Biebach H., Heise A., Schmidt T., 1974, *Day-night variation in heat balance*, [w:] J.L. Monteith, L.E. Mount (red.), *Heat loss from animals and man*, Butterworths, London, s. 147–173.
- Atlas kurortno rajoniranie na NR Bulgarija*, 1971, (praca zbiorowa), Sofia, Min. Nar. Zdrave.
- Bajbakova E.M., Nevraev G.A., Čubukov L.A., 1963, *Metodika analiza klimata kurortov i meteorologičeskich uslovij klimatoterapii*, [w:] *Očerki po klimatologii kurortov*, Moskva, s. 5–42.
- Baranowska M., Boniecka-Żółcik H., Gurba A., 1986, *Weryfikacja skali klimatu odczuwalnego dla Polski*, Przegl. Geofiz., 31, 1, s. 27–40.
- Baranowski J., Błażejczyk K., Pisarczyk S., Śmietanka M., 1998, *Wpływ warunków meteorologicznych na zachorowalność mieszkańców Warszawy*, Acta Geographica Lodziensia, Folia Geographica Physica, 6, s. 145–151.
- Beaumont W. van, Bullard R.W., 1965, *Sweating: Direct influence of skin temperature*, Science, 147, 3664, s. 1465–1467.
- Beer J., Mączak S., 1977, *Naturalne związki bakteriobójcze w lasach sosnowych Konstancina*, Miasto, 10, s. 19–21.
- Belding H.S., Hatch T.F., 1955, *Index for evaluating heat stress in terms of resulting physiological strain*, Heating, Piping and Air Conditioning, 27, s. 129–136.
- BioKlima*©2.2. Pakiet programu, www.igipz.pan.pl/klimat/blaz/bioklima.htm.
- Blanc J. de, 1975, *Man in the cold*, Ch.C.Thomas Publ., Springfield.
- Bligh J., Johnson G., 1973, *Glossary of terms for thermal physiology*, J. Appl. Physiol., 35, s. 941–961.
- Błażejczyk K., 1979, *Typologia pogody na potrzeby klimatoterapii*, Dokum. Geogr., 2, s. 12–24.
- 1980a, *Próba oceny klimatu uzdrowiska metodą modelową*, Przegl. Geogr., 52, 1, s. 115–125.
- 1980b, *Kilka uwag na temat metodyki prowadzenia pomiarów ochładzania katatermometrem Hilla*, Probl. Uzdrow., 6, s. 69–74.
- 1981, *Bioklimatyczna klasyfikacja pogody*, Probl. Uzdrow., 1/4, s. 169–173.
- 1983, *Bioklimatyczna ocena i typologia uzdrowisk Polski*, Dokum. Geogr., 3, 85 ss.
- 1985a, *Klimatoterapia w uzdrowiskach polskich*, Studia Ośrodka Dokum. Fizjogr., 13, s. 269–298.

- 1985b, *Analiza stosunków opadowych w Polsce z punktu widzenia rekreacji i klimatoterapii*, Przegl. Geogr., 57, 1–2, s. 139–155.
- 1987, *Bilans ciepły człowieka w warunkach stacjonarnych i niestacjonarnych*, Probl. Uzdrow., 11/12, s. 25–35.
- 1988, *Klimatologiczno-fizjologiczna charakterystyka wymiany ciepła między człowiekiem a otoczeniem w wybranych typach krajobrazu nizinnego*, Przegl. Geogr., 60, 3, s. 353–366.
- 1990a, *Human skin temperature in different climatic zones*, [w:] *Proceedings Symposium of Human Biometeorology, Štrbske Pleso, High Tatras, Czechoslovakia, Nov. 8–10 1988*, Slovak Bioclimat. Society, Bratysława, s. 30–39.
- 1990b, *Zróźnicowanie biotopoklimatyczne wybranych typów krajobrazu*, [w:] J. Grzybowski (red.), *Problemy współczesnej topoklimatologii*, Conf. Papers IGiPZ PAN, 4, s. 175–187.
- 1990c, *Nowy wskaźnik bioklimatyczny do określania odczuwalności ciepłej człowieka*, Probl. Uzdrow., 5/6, s. 59–71.
- 1991, *Heat balance of the human body in different weather conditions in North-East Poland (the problem of heat stress)*, Grana, (Stockholm), 30, s. 277–280.
- 1992a, *Bioklimatyczna analiza warunków pogodowych w Polsce*, Zesz. IGiPZ PAN, 8, 24 ss.
- 1992b, *Wpływ urbanizacji terenu na lokalne warunki bioklimatyczne (na przykładzie woj. katowickiego)*, Zesz. IGiPZ PAN, 6, s. 15–28.
- 1993, *Wymiana ciepła pomiędzy człowiekiem a otoczeniem w różnych warunkach środowiska geograficznego*, Prace Geogr., IGiPZ PAN, 159, 123 ss.
- 1994, *Klimatologiczno-fizjologiczny model wymiany ciepła między człowiekiem i otoczeniem (MENEX)*, Przegl. Geogr., 1994, 66, 1–2, s. 33–55.
- 1995, *Fizyczne znaczenie promieniowania słonecznego dla człowieka*, [w:] B. Krawczyk, K. Błażejczyk (red.), *Współczesne badania klimatologów polskich w kraju i za granicą*, Conf. Papers IGiPZ PAN, 23, s. 61–68.
- 1996, *Assessment of solar radiation absorbed by man based on simple meteorological parameters*, [w:] Y. Shapiro, D.S. Moran, Y. Epstein (red.), *Environmental ergonomics, Recent progress and new frontiers*, Freund Publ. House, Ltd., London and Tel Aviv, s. 190–193.
- 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 of the International Symposium on Thermal Physiology, 8–12 July 1997, August Krogh Institute, Kopenhaga, s. 115–118.
- 1998a, *Promieniowanie słoneczne a gospodarka ciepła organizmu człowieka*, Zesz. IGiPZ PAN, 51, 85 ss.
- 1998b, *Solar radiation and cold tolerance*, [w:] I. Holmér, K. Kuklane (eds.) *Problems with cold work. Proceedings from an international symposium held in Stockholm, Sweden, Nov. 16-20 1997*, Arbete och Halsa, 18, s. 111–113.
- 1999, *Influence of solar radiation on skin temperature in standing and walking subjects outdoors*, [w:] J.A. Hodgdon, J.H. Heaney i M.J. Buono (red.), *Environmental*

- Ergonomics VIII*, Int. Series on Environmental Ergonomics, vol. 1, Selected papers from the 8th Int. Conf. On Environmental Ergonomics, San Diego, California, USA, 18–23 Oct. 1998, s. 57–60.
- 2000a, *Influence of extremal heat waves on man*, Inst. Geogr. UJ, Prace Geogr., 108, s. 101–108.
 - 2000b, *Absorption of solar radiation by man*, [w:] J. Werner, M. Hexamer (red.), *Environmental ergonomics IX*, ICEE Ruhr 2000, Ruhr-University Bochum, Germany, Aachen, Shaker Verlag, s. 43–46.
 - 2001a, *Bilans cieplny człowieka jako narzędzie badań bioklimatycznych*, Przegł. Geogr., 73, 4, s. 535–554.
 - 2001b, *Assessment of recreational potential of bioclimate based on the human heat balance*. [w:] A. Matzarakis, C.R. de Freitas (red.), *Proceedings of the 1st International Workshop on Climate, Tourism and Recreation*, Int. Soc. Biomet., Commission on Climate, Tourism and Recreation, WP11, www.uni-freiburg.de/isb, s. 1–20.
 - 2002a, *Znaczenie czynników cyrkulacyjnych i lokalnych w kształtowaniu klimatu i bioklimatu aglomeracji warszawskiej*, Dokum. Geogr., 26, 160 ss.
 - 2002b, *Changes in skin temperature and circulatory response during prolonged mountain tourism activity*, [w:] *Environmental Ergonomics X*, Papers from the 10th International Conference on Environmental Ergonomics, Fukuoka, Japan, 23–27 September 2002, s. 149–152.
 - 2003, *Biotermiczne cechy klimatu Polski*, Przegł. Geogr., 75, 4, s. 525–543.
- Błażejczyk K., Baranowski J., Pisarczyk S., Szpot M., 2000a, *Influence of the human heat balance on respiratory and circulatory diseases*, [w:] R.J. de Dear, J.D. Kalma, T.R. Oke, A. Auliciems (red.), *Biometeorology and urban climatology at the turn of millennium*, Selected papers from the Conference ICB-ICUC'99, World Meteorological Organization, Genewa, s. 107–111.
- Błażejczyk K., Baranowski J., Pisarczyk S., Śmietanka M., 1997, *Warunki meteorologiczne a liczba zachorowań u mieszkańców Warszawy*, [w:] *Przyrodnicze i społeczne walory Mazowsza w dobie restrukturyzacji*, 46 Zjazd PTG Rynia 18–21.09.1997, s. 165–166.
- Błażejczyk K., Baranowski J., Śmietanka M., Pisarczyk S., 1998a, *Influence des conditions météorologiques sur la santé des habitants de Varsovie*, Publ. de l'Ass. Int. Climat., 11, s. 338–342.
- Błażejczyk K., Grzybowski J., 1994, *Znaczenie klimatotwórcze małych powierzchni wodnych oraz charakterystyka topoklimatów w krajobrazie pojeziernym Suwalskiego Parku Krajobrazowego*, Zesz. Nauk. Komit. "Człowiek i Środowisko", 7, s. 103–118.
- Błażejczyk K., Holmér I., 2000, *Evaporative resistance of various clothing ensembles measured on standing and walking manikin*, Arbete och Hälsa, 8, Ergonomics of Protective Clothing, s. 192–195.
- Błażejczyk K., Holmér I., Nilsson H., 1998b, *Absorption of solar radiation by an ellipsoid sensor simulated the human body*, Applied Human Sciences, 17, 6, s. 267–273.

- Błażejczyk K., Krawczyk B., 1991, *The influence of climatic conditions on the heat balance of the human body*, Int. J. Biomet., 35, s. 103–106.
- Błażejczyk K., Krawczyk B., Skoczek J., 1992, *Kształtowanie się stosunków termicznych pól kawy pod wpływem roślinności zacieniającej i wiatrochronnej*, Zesz. IGiPZ PAN, 5, s. 5–27.
- Błażejczyk K., Lipska A., 1980, *Warunki akustyczne na terenie Dźwirzyna*, Probl. Uzdrow., 9, s. 101–108.
- Błażejczyk K., Nilsson H., Holmér I., 1993, *Solar heat load on man (review of different methods of estimation)*, Int. J. Biom., 37, s. 125–132.
- Błażejczyk K., Siemiaszko H., 1980, *Niektóre metody wyznaczania ostrości klimatu okresu zimowego*, Probl. Uzdrow., 6, s. 59–68.
- Błażejczyk K., Tokura H., Bortkiewicz A., Kato M., Szmczak W., 1999, *Thermoregulatory and circulatory reactions in subjects exposed to the sun and wearing white and black clothing*, [w:] J.A. Hodgdon, J.H. Heaney, M.J. Buono (red.), *Environmental Ergonomics VIII*, vol. 1, Selected papers from the 8th Int. Conf. On Environmental Ergonomics, San Diego, USA, 18–23 Oct. 1998, Naval Health Research Center, s. 177–181.
- Błażejczyk K., Tokura H., Bortkiewicz A., Szymczak W., 2000b, *Solar radiation and thermal physiology in man*, [w:] R.J. de Dear, J.D. Kalma, T.R. Oke, A. Auliciems (red.), *Biometeorology and urban climatology at the turn of millennium*, Selected papers from the Conference ICB-ICUC'99 World Meteorological Organization, Genewa, s. 267–271.
- Błażejczyk K., Twardosz R., 2002, *La variabilité des charges thermiques de l'homme a Cracovie au XX^{ème} siècle*, Pub. l'Ass. Int. Climat., 14, s. 413–419.
- Błażejczyk K., Twardosz R., Kunert A., 2003, *Zmienność warunków biotermicznych w Krakowie w XX wieku na tle wahań cyrkulacji atmosferycznej*, [w:] K. Błażejczyk, B. Krawczyk, M. Kuchcik (red.), *Postępy w badaniach klimatycznych i bioklimatycznych*, Prace Geogr. IGiPZ PAN, 188, s. 233–246.
- Bogucki J., 1967, *Nowa typologia pogody dla analizy biometeorologicznych podstaw rytmów biologicznych*, Zesz. Nauk. AWF, Monografie, 21, Poznań, 347 ss.
- Bogucki J. (red), 1999, *Biometeorologia turystyki i rekreacji*, AWF w Poznaniu.
- Bokša V.G., Boguckij B.V., 1966, *Klimatoterapija (rukovodstvo dla vracej)*, Izdatelstvo Zdorove, Kiev.
- 1980, *Medicinskaja klimatologija i klimatoterapija*, Izdatelstvo Zdorove, Kiev.
- Bradtke F, Liese W., 1958, *Pomiary klimatyczne wewnątrz i na zewnątrz budynków*, Arkady, Warszawa.
- Breckendridge J.R., Goldman R.F., 1971, *Solar heat load in man*, J. of Appl. Physiol., 31, s. 659–663.
- 1977, *Effect of clothing on bodily resistance against meteorological stimuli*, [w:] S.W. Tromp (red.), *Progress in human biometeorology*, II, s. 194–208.
- Brown R.D., Gillespie T. J., 1986, *Estimating outdoor thermal comfort using a cylindrical radiation thermometer and an energy budget model*, Int. J. Biomet., 30, 1, s. 43–52.

- Brumštejn V.I., 1950, *Poteri vlagi celovekom w pokoje pri rozličnoj temperature vozduha*, *Gigiena i Sanitaria*, 15, 12, s. 12–18.
- Budyko M.I., 1959, *O teplovom balansie žyvyh organizmov*, *Izvestia AN SSSR, Seria Geogr.*, 2, s. 29–35.
- 1975, *Klimat i žyvie*, PWN, Warszawa.
- Budyko M.I., Cicenko G.V., 1960, *Klimatičeskie faktory teplooščuščenija celoveka*, *Izvestia AN SSR, Geografija*, 3, s. 3–11.
- Burt J.E., O'Rourke P.A., Terjung W.H., 1982a, *The relative influence of urban climates on outdoor human energy budgets and skin temperature. Modeling considerations*, *Int. J. Biomet.*, 26, s. 3–35.
- 1982b, *The relative influence of urban climates on outdoor human energy budgets and skin temperature. Man in an urban environment*, *Int. J. Biomet.*, 26, 1, s. 25–35.
- 1982c, *The relative influence of selected cloud types and amounts on human energy budgets and skin temperature*, *Int. J. Biomet.*, 26, 2, s. 99–114.
- Burton A.C., Edholm O.G., 1955, *Man in a cold environment*. E. Arnold Publ., London.
- Büttner K., 1938, *Physikalische Bioklimatologie. Probleme und Methoden*, Akad. Verl., Leipzig.
- Cabanac M. 1980, *Physiological signals for thermal comfort*, [w:] K. Cena, J.A. Clark (red.), *Bioengineering, thermal physiology and comfort*, Wrocław Techn. Univ. Press-Elsevier, Amsterdam, s. 181–193.
- Cena K. 1974, *Radiative heat loss from animals and man*, [w:] L.E. Mount, J.L. Monteith (red.), *Heat loss from animals and man*, Butterworths, London, s. 33–58.
- Cena M., Gregorczyk M., 1966a, *Rozkład temperatury ekwiwalentnej na obszarze Polski*, *Roczn. Nauk Roln.*, D, 119, s. 191–211.
- 1966b, *Temperatura efektywna w sezonie kąpieliskowym w Polsce wyznaczona według skali podstawowej i normalnej*, *Roczn. Nauk Roln.*, D, 119, s. 149–168.
- Cicenko G.V., 1967, *Radiacjonnyj balans poverchnosti tela celoveka v različnych klimatičeskich uslovijach na territorii SSSR*, *Trudy GGO*, 193, s. 122–129.
- Clark J.A., Cena K. 1976, *Solar and thermal radiative heat loads in the energy balance of man*, *Int. Mechan. Engineering*, 5, 3, s. 75–78.
- Clark J.A., McArthur A.J., Monteith J.L., Wheldon A.E., 1980, *The physics of the microclimate*, [w:] K. Cena, J.A. Clark (red.), *Bioengineering, thermal physiology and comfort*, Wrocław Techn. Univ. Press-Elsevier, Amsterdam, s. 13–28.
- Clark R.P., Edholm O.G., 1985, *Man and his thermal environment*, E. Arnold Ltd., London.
- Clarke J.F., Bach W., 1971, *Comparison of the comfort conditions in different urban and suburban microenvironments*, *Int. J. Biomet.*, 15, 1, s. 41–54.
- Consolazione C.F., Matoush le Roy O., Nelson R.A., Torres J.B., Isaac G.J. 1963, *Environmental temperature and energy expenditures*, *J. Appl. Physiol.*, 18, 1, s. 65–68.

- Čubukov L.A., Nevraev G.A., 1960, *Klimatoterapevtičeskie značenie važnejšich klassov mestnoj pogody*, Voprosy Kurortologii, Fizioterapii i Lecebnoj Fiziceskoj Kultury, 3, s. 193–202.
- Daniłowa N.A., 1988, *Przyroda i nasze zdrowie*, Wiedza Powszechna, Warszawa.
- Downey J.A., Huckaba C.E., Darling R.C. 1971, *The effect of skin and central cooling on human thermoregulation*, Int. J. Biomet., 15, 2–4, s. 171–175.
- Dubaniewicz H., Nurek T., Zawadzka A., 1988, *Biometeorologia turystyki. Wybrane zagadnienia z biometeorologii człowieka, cz. I*, AWF, Gdańsk.
- 1989, *Biometeorologia turystyki. Wybrane zagadnienia z biometeorologii człowieka, cz. II*, AWF, Gdańsk.
- Elizondo R.S., Bullard R.W. 1971, *Local determination of sweating and the assessment of the „Set point”*, Int. J. Biomet., 15, 2–4, s. 273–280.
- Fanger P.O., 1974, *Komfort cieplny*, Arkady, Warszawa.
- Flach E., 1981, *Human bioclimatology*, [w:] H.E. Landsberg, *World survey of climatology. General climatology*, 3, Elsevier, Amsterdam-Oxford-New York, s. 2–187.
- Flemming G., 1983, *Klimat – środowisko – człowiek*, WPRiL, Warszawa.
- Fourt J., Hollies N.R.S., 1970, *Clothing. Comfort and function*, M. Dekker Inc., New York.
- Freitas C.R. de, 1985, *Assessment of human bioclimate based on thermal response*, Int. J. Biomet., 29, s. 97–119.
- 1990, *Recreation climate assessment*, Int. J. Climat., 10, s. 89–103.
- 2001, *Theory, concepts and methods in tourism climate research*, [w:] A. Matzarakis, C.R. de Freitas (red.), *Proc. of the 1st International Workshop on Climate, Tourism and Recreation*, International Society of Biometeorology, Commission on Climate, Tourism and Recreation, WP1, www.uni-freiburg.de/isb, s. 1–18.
- 2003, *Tourism climatology: evaluating environmental information for decision making and business planning in the recreation and tourism sector*, Int. J. Biomet., 48, s. 45–54.
- Freitas C.R. de, Ryken M.G., 1989, *Climate and physiological heat strain during exercise*, Int. J. Biomet., 33, s. 157–164.
- Fuller F.H., Brouha L., 1966, *New engineering methods for evaluating the job environment*, ASHRAE Journal, 8, 1, s. 39–52.
- Garden J.W., Wilson I.D., Rasch P.J., 1966, *Acclimatization of healthy young adult males to a hot-wet environment*, J. Appl. Physiol., 21, 2, s. 665–669.
- Gavhed D., Holmer I., 1989a, *Protection against cold by winter clothing during moderate activity*, [w:] *Proceedings of 3-rd Scandinavian Symposium on Protective Clothing Against Chemicals and Other Health Risks (NOKOBETEF III)*, Gausdal, Norge, s. 137–140.
- 1989b, *Thermoregulatory responses of fireman to exercise in the heat*, Europ. J. Appl. Physiol., 59, s. 115–122.
- Givoni B., 1976, *Man, climate and architecture*, Applied Science Publ., London.

- Givoni B., Belding H.S., 1965, *Effektivnost' ohlazdenija pri isparenii pota*, [w:] *Biometeorologija*, Gidrometeoizdat, Leningrad, s. 198–206.
- Givoni B., Goldman R.F., 1973, *Predicting effects of heat acclimatization on heart rate and rectal temperature*, *J. Appl. Physiol.*, 35, 6, s. 875–879.
- Glossary of terms for thermal physiology*, 2001, *The Japanese J. Physiol.*, 51, 2, s. 245–280.
- Grączewski J., 1972, *Wpływ pogody na zdrowie człowieka*, PZWL, Warszawa.
- Gregorczyk M., 1966, *Ciepłny wpływ promieniowania słonecznego na człowieka*, *Przegl. Geofiz.*, 11, 2, s. 119–128.
- 1968, *Regiony bioklimatyczne Polski*, *Czasop. Geogr.*, 39, 2, s. 125–136.
- 1970, *Analiza warunków bioklimatycznych Polski w latach 1958–1963 w świetle ważniejszych wskaźników kompleksowych*, *Prace Wrocł. Tow. Nauk.*, B, 155.
- 1976, *O wielkości ochładzania na obszarze Polski*, *Czasop. Geogr.*, 47, 3, s. 255–263
- 1978, *Rozkład ochładzania na obszarze Antarktyki*, *Przegl. Geofiz.*, 23/31, 1, s. 45–57.
- Hammel H.T., 1965, *Neurons and temperature regulation*, [w:] W.S. Yamamoto (red.), *Physiological controls and regulations*, Saunders Co, Philadelphia, s. 71–97.
- Hammer N., Koch E., Rudel E., 1986, *Die Beurteilung der thermisch-hygrischen Befindlichkeit des Menschen nach verschiedenen Methoden*, *Archiv für Meteorologie, Geophysic und Bioklimatologie*, B, 36, 3–4, s. 343–355.
- Hardy J.D., 1965, *The „set-point“ concept in physiological temperature regulation*, [w:] W.S. Yamamoto (red.), *Physiological controls and regulations*, Saunders Co, Philadelphia, s. 98–116.
- Hensel H., 1981, *Thermoreception and temperature regulation*, Academic Press, London.
- Hey E.N., 1974, *Physiological control over body temperature*, [w:] L.E. Mount, J.L. Monteith (red.), *Heat loss from animals and man*, Butterworths, London, s. 77–95.
- Holec M., Tymański P., 1973, *Podstawy meteorologii i nawigacji meteorologicznej*, Wyd. Morskie, Gdańsk.
- Holmer I., 1988, *Assessment of cold stress in terms of required clothing insulation – IREQ*, *Int. J. Ind. Ergonomics*, 3, s. 159–166.
- 1989a, *Recent trends in clothing physiology*, *Scandinavian J. Working Environmental Health*, 15, (suppl. 1), s. 58–65.
- 1989b, *Evaporative heat exchange in clothing*, [w:] H. Tokura (red.), *Clothing comfort studies*, Japanese Research Association, Textile, Osaka, s. 223–244.
- 1989c, *Body cooling with ice for warm-water diving operations*, *Undersea Biomedical Research*, 16, 6, s. 471–479.
- 1994, *Work in cold environments*, Undesköökingsrapport, 31.

- 2000, *Clothing physiology – past, present and new perspectives*, [w:] J. Werner, M. Hexamer (red.), *Environmental ergonomics IX*, ICEE Ruhr 2000, Shaker Verlag, Aachen, s. 291–297.
- Hoppe P., 1982, *Physikalischen Prinzipien in der Biometeorologie*, Promet Met. Fortbild., 3/4, s. 4–9.
- 1984, *Die Energiebilanz des Menschen*, Wiss.Mitt.Met.Inst.Univ. Munchen, 49.
- Iampietro P.F., Bas D.E., Buskirk E.R., 1958, *Heat exchange of nude men in the cold: effect of humidity, temperature and wind speed*, *J. Appl. Physiology*, 12, 3, s. 351–356.
- Ingram D.L., Mount L.E., 1975, *Man and animals in hot environments*, Springer-Verlag, Berlin.
- ISO 8996, *Ergonomics – determination of metabolic heat production*, International Organisation of Standardization, Geneva.
- ISO/DC 11079, *Evaluation of cold environments. Determination of required clothing insulation*, International Organisation of Standardization, Geneva.
- ISO/DIS 7933, *Hot environments – analytical determination of thermal stress*, International Organisation of Standardization, Geneva.
- ISO/DIS 9920, *Ergonomics of the thermal environment – Estimation of the thermal insulation and evaporative resistance of clothing ensemble*, International Organisation of Standardization, Geneva.
- Jankowiak J. (red.), 1976, *Biometeorologia człowieka*, PZWL, Warszawa.
- Jankowiak J., Parczewski W. (red.), 1978, *Bioklimat uzdrowisk polskich*, Wyd. Komunikacji i Łączności, Warszawa.
- Jendritzky G., 1990, *Bioklimatische Bewertungsgrundlage der Räume am Beispiel von mesoskaligen Bioklimakarten*, [w:] H. Schirmer (red.), *Methodik zur räumlichen Bewertung der thermischen Komponente im Bioklima des Menschen*, Akademie für Räumforschung und Landesplanung, Hannover, 114, s. 7–69.
- Jendritzky G., Menz G. 1986, *Bioclimatic maps of heat exchange of the human being in different scales*, [w:] *Climate and human health*, Proceedings Symposium in Leningrad, 22–26 Sept. 1986, 2, s. 107–114.
- Jendritzky G., Nüßler W. 1981, *A model analysing the urban thermal environment in physiologically significant terms*, *Archiv für Meteorologie, Geophysic und Bioklimatologie*, Ser.B, 29, 4, s. 313–326.
- Jendritzky G., Sievers U., 1986, *Numerical simulation of the thermal environment of the human being in street canyons*, [w:] *Climate and human health*, Proceedings Symposium in Leningrad, 22–26 Sept. 1986, 2, s. 172–179.
- Jokl M., 1965, *Hodnoceni mikroklimatickych podminek na pracovistich*, *Pracovni Lekarstvi*, 17, 9, s. 408–423.
- 1982, *Standard layers – a new criterion of the thermal insulation properties of clothing*, *Int. J. Biomet.*, 26, 1, s. 37–48.
- Kaciuba-Uściłko M., 1990, *Termoregulacja*, [w:] A. Tkaczyk (red.), *Fizjologia człowieka z elementami fizjologii stosowanej i klinicznej*, PZWL, Warszawa.

- Kaczorowska Z., 1977, *Pogoda i klimat*, WSiP, Warszawa.
- Kaleta Z. 1971, *Regulacja temperatury ciała*, [w:] *Fizjologia człowieka*, PZWL, Warszawa, s. 821–829.
- Kalinowski M., 1969, *Cisza w uzdrowiskach jako czynnik leczniczy i rehabilitacyjny*, Baln. Pol., 14, 3/4, s. 395–417.
- Kenney W.L. 1985, *A review of comparative responses of men and women to heat stress*, Environmental Research, 37, 1, s. 1–11.
- Kiełczewski B., Bogucki J., 1972, *Zarys biometeorologii sportu*, Sport i Turystyka, Warszawa.
- Klonowicz S., Kozłowski S., 1970, *Człowiek a środowisko termiczne*, PZWL, Warszawa.
- Koch E., Rudel E., 1988, *The human sensitivity on high mountains – a comparison between an energy balance model and the cooling power*, Proceedings Symposium on Human Biometeorology, Štrbske Pleso, High Tatras, Czechoslovakia, s. 193–201.
- Kosowska-Cezak U., Martyn D., Olszewski K., Kopacz-Lembowicz M., 2000, *Meteorologia i klimatologia. Pomiary, obserwacje, opracowanie*, Wyd. Nauk. PWN, Warszawa-Łódź.
- Kostrowicki A. S., 1970, *Zastosowanie metod geobotanicznych w ocenie przydatności terenu dla potrzeb rekreacji i wypoczynku*, Przegł. Geogr., 42, 4, s. 631–645.
- Kowalkowska L., 2003, *Ocena warunków bioklimatycznych Ustki i Świnoujścia z punktu widzenia rekreacji*, Maszynopis pracy magisterskiej, Instytut Geografii Akademii Bydgoskiej.
- Kozłowska-Szczęśna T., 1973, *Promieniowanie pochłonięte na obszarze Polski*, Prace Geogr., IGiPZ PAN, 99.
- 1984, *Bioklimat polskich uzdrowisk jako podstawowa cecha ich warunków środowiskowych*, [w:] T. Kozłowska-Szczęśna (red.), *Problemy bioklimatologii uzdrowiskowej. Cz. V*, Dokum. Geogr., 1–2, s. 13–88.
- 1987, *Typy bioklimatu Polski*, Probl. Uzdrow., 5/6, s. 37–47.
- 1988, *Klimat Polski a zdrowie człowieka*, [w:] *Przemiany środowiska geograficznego Polski*, Wszechnica PAN, Warszawa, s. 185–202.
- 1991, *Antropoklimat Polski (próba syntezy)*, Zesz. IGiPZ PAN, 1, 64 ss.
- Kozłowska-Szczęśna T. (red.), 1985, *Metody badań bioklimatu człowieka*, Probl. Uzdrow., 1/2.
- Kozłowska-Szczęśna T., Błażejczyk K., 1998, *Promieniowanie słoneczne i jego wpływ na organizm człowieka*, Baln. Pol., 40, 1–2, s. 130–141.
- Kozłowska-Szczęśna T., Błażejczyk K., Krawczyk B., 1996, *Środowisko fizyczno-geograficzne – niektóre zagadnienia*, Atlas Warszawy, 4, IGiPZ PAN, 84 ss.
- 1997, *Bioklimatologia człowieka. Metody ich zastosowania w badaniach bioklimatu Polski*, Monografie IGiPZ PAN, 1, Warszawa, 1997, 200 ss.
- 2001, *Bioklimat Krasnobrodu*, Dokum. Geogr., 24, 54 ss.

- Kozłowska-Szczęsna T., Błażejczyk K., Krawczyk B., Limanówka D., 2002, *Bioklimat uzdrowisk polskich i możliwości jego wykorzystania w lecznictwie*, Monografie IGiPZ PAN, 3, Warszawa, 611 ss.
- Kozłowska-Szczęsna T., Grzędziński E., 1991, *The influence of atmospheric environment upon the occurrence of accidents among construction workers*, Urban Climate, Planning and Building, Lausanne, s. 749–753.
- Kozłowska-Szczęsna T., Krawczyk B., Błażejczyk K., 1995, *Warunki bioklimatyczne Supraśla*, Zesz. IGiPZ PAN, 33, 68 ss.
- Kozłowska-Szczęsna T., Podogrocki J., 1995, *Antropogeniczne zmiany warunków radiacyjnych w Warszawie*, [w:] K. Kłysik (red), *Klimat i bioklimat miast*, Wyd. UL, Łódź.
- Kozłowski S., 1986, *Granice przystosowania*, Wiedza Powszechna, Warszawa.
- Kożuchowski K., 1998, *Atmosfera, klimat, ekoklimat*, Wyd. Nauk. PWN, Warszawa, 243 ss.
- Kravčik B., Błażejčik K., Begov J., Ščerbak E. 1991, *Issledovanie teplovogo balansa tela celoveka na pustynie Karakumy*, Problemy Osvojenija Pustyn, 5, s. 58–65.
- Krawczyk B., 1979, *Bilans cieplny ciała człowieka jako podstawa podziału bioklimatycznego obszaru Iwonicza*, Prace Geogr., IGiPZ PAN, 131, 71 ss.
- 1983, *Topoclimatic investigations of health resorts*, Geogr. Polon., 45, s. 47–58.
 - 1984, *Struktura bilansu cieplnego ciała człowieka na wybrzeżu Bałtyku*, [w:] T. Kozłowska-Szczęsna (red.), *Problemy bioklimatologii uzdrowiskowej cz. V*, Dokum. Geogr., 1/2, s. 103–115.
 - 1988, *Uciążliwość warunków biotermicznych w Polsce*, Probl. Uzdrow., 9/10, s. 83–94.
 - 1991, *Próba typologii bioklimatycznej Polski na podstawie temperatur radiacyjno-efektywnych*, Przegl. Geogr., 1–2, s. 43–55.
 - 1993, *Typologia i ocena bioklimatu Polski na podstawie bilansu cieplnego ciała człowieka*, Prace Geogr., IGiPZ PAN, 160, 96 ss.
 - 2000, *Izolacyjność cieplna odzieży jako wskaźnik oceny warunków biotermicznych*, Baln. Pol. 62, 3–4, s. 105–111
 - 2001, *Ryzyko wystąpienia stresu ciepła w wybranych uzdrowiskach polskich*, Baln. Pol., 43, 1–2, s. 88–93.
- Krawczyk B., Błażejczyk K., 1991, *Wstępne badania bilansu cieplnego ciała człowieka na pustyni Kara-kum*, Przegl. Geogr., 63, 1/2, s. 143–154.
- Kreider M.B., Buskirk E.R., Bass D.E., 1958, *Oxygen consumption and body temperature during the night*, J. Appl. Physiol., 12, 3, s. 361–366.
- Krys S.A., Brown R.D., 1990, *Radiation absorbed by a vertical cylinder in complex outdoor environments under clear sky conditions*, Int. J. Biomet., 34, s. 69–75.
- Krzymowska-Kostrowicka A., 1997, *Geoekologia turystyki i wypoczynku*, Wyd. Nauk. PWN, Warszawa, 238 ss.

- Kuchcik M., 2000, *Wpływ warunków aerosanitarnych i biometeorologicznych na zgony mieszkańców Warszawy*, Maszynopis, WG i SR UW.
- 2001, *Mortality in Warsaw: is there any connection with weather and air pollution?* Geogr. Polonica, 74, s. 29–45
- Kuchcik M., Błażejczyk K. 2001, *Wpływ warunków pogodowych na zachorowalność i umieralność mieszkańców Warszawy*, [w:] B. Krawczyk, G. Węclawowicz (red.), *Badania środowiska fizycznogeograficznego aglomeracji warszawskiej*, Prace Geogr. IGiPZ PAN, 180, s. 71–87.
- Kuczmarowski M., 1984, *Możliwości wykorzystania usłonecznienia do celów helio-terapii w Polsce*, Dokum. Geogr., 1–2, s. 117–137.
- 1990, *Usłonecznienie Polski i jego przydatność dla helioterapii*, Dokum. Geogr., 4.
- Landsberg H.E., 1972, *The assessment of human bioclimate. A limited review of physical parameters*, WMO Technical Note, 123, Geneva.
- Lee D.H.K., 1980, *Seventy-five years of searching for a heat index*, Environmental Research, 22, s. 331–356.
- Liopo T.N., Cicenko G.V., 1971, *Klimatičeskie uslovija i teplovoje sostojanie celoveka*, Gidrometeoizdat, Leningrad.
- Lityńska Z., Łapeta B., Wolska H., 2001, *Index UV a człowiek*, IMGW, Warszawa
- Lobożewicz T., 1979, *Warunki rozwoju turystyki i sportu narciarskiego w Polsce w świetle badań śniegowych*, Instytut Turystyki, Warszawa.
- Maarouf A., Bitzos M., 2001, *Les indices de refroidissement éolien: état de la question, applications actuelles et orientations futures pour le Canada*, Climat et Sante, 22, s. 7–37.
- Malchaire J.B., 1991, *Predicted sweat rate in fluctuating thermal conditions*, European J. Appl. Physiol., 63, s. 282–287.
- Marciniak K., 1979, *Temperatura frygorymetryczna jako wskaźnik warunków termicznych odczuwalnych*, Balneologia Polska, 24, 3/4, s. 611–625.
- Mateeva Z., Filipov A., 2003, *Bioclimatic distance index in the Rila-and-Rhodopy area of Bulgaria*, [w:] K. Błażejczyk, B. Krawczyk, M. Kuchcik (red.), *Postępy w badaniach klimatycznych i bioklimatycznych*, Prace Geogr. IGiPZ PAN, 188, s. 295–302.
- Matzarakis A., 2001, *Assessing climate for tourism purposes: Existing methods and tools for the thermal complex*, [w:] A. Matzarakis, C.R. de Freitas (red.), *Proceedings of the 1st International Workshop on Climate, Tourism and Recreation*, International Society of Biometeorology, Commission on Climate, Tourism and Recreation, WP08, www.uni-freiburg.de/isb, s. 1–11.
- Matzarakis, A., Mayer, H., 1991, *The extreme heat wave in Athens in July 1987 from the point of view of human biometeorology*, Atmospheric Environment 25B, s. 203–211.
- Mączyński B., 1978, *Lecznictwo klimatyczne*, PZWL, Warszawa.
- McLean J.A., 1974, *Loss of heat by evaporation*, [w:] J.L. Monteith, L.E. Mount (red.), *Heat loss from animals and man*, Butterworths, London, s. 19–32.

- Menz G., 1990, *Mikroskalige bioklimatologische Geländeaufnahme mit Satellitendaten*, [w:] H. Schirmer (red.), *Methodik zur räumlichen Bewertung der thermischen Komponente im Bioklima des Menschen*, Akademie für Räumforschung und Landesplanung, Hannover, 114, s. 70–80.
- Michajlik A., Ramotowski W., 1996, *Anatomia i fizjologia człowieka*, Wyd. Lek. PZWL, Warszawa.
- Mieczkowski Z., 1985, *The tourism climatic index: a method of evaluating world climates for tourism*, *The Canadian Geographer/Le Géographe canadien*, 29, 3, s. 220–233.
- Missenard F.A., 1933, *Température effective d'une atmosphere. Généralisation. Température résultante d'un milieu*, [w:] *Encyclopédie industrielle et commerciale, étude physiologique et technique de la ventilation*, Librairie de l'Enseignement Technique, Paris, s. 131–185.
- Mitchell D., 1977, *Physical basis of thermoregulation*, [w:] D. Robertshaw (red.), *International review of physiology. 15, Environmental physiology II*, Univ. Park Press, s. 1–21.
- Monteith J.L., 1974, *Specification of the environment for thermal physiology*, [w:] J.L. Monteith, L.E. Mount (red.), *Heat loss from animals and man*, Butterworths, London, s. 1–18.
- Morgan D.L., Baskett R.L., 1974, *Comfort of man in the city, An energy balance model of man-environment coupling*, *Int. J. Biomet.*, 18, s. 184–198.
- Nadel E.R., 1985, *Recent advances in temperature regulation during exercise in humans*, *Fed. Proc.*, 44, 7, s. 2286–2292.
- Narębski J., 1980, *Termoregulacja*, [w:] *Fizjologia człowieka z elementami fizjologii klinicznej*, PZWL, Warszawa, s. 282–294.
- 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 J. Appl. Physiol.*, 58, s. 189–196.
- Nielsen B., Nielsen S.L., Petersen F.B., 1972, *Thermoregulation during positive and negative work at different environmental temperatures*, *Acta Physiologica Scandinavica*, 85, 2, s. 249–257.
- Nishi Y., 1980, *Measurements of thermal balance of man*, [w:] K. Cena, J.A. Clark (red.), *Bioengineering, thermal physiology and comfort*, Wrocław Techn. Univ. Press – Elsevier, s. 271–284.
- Nishimura K., Isoda N., Kobayashi Y., 1978, *Physiological and psychological responses*, *Int. J. Biomet.*, 22, s. 329–330.
- Nurkowska J., 1997, *Słoneczne zlego początki*, *Wiedza i Życie*, 8, s. 12–17.
- Osokin I.M., 1968, *O količestvennom vyraženii surovosti zimnich pogod*, *Vestnik Naučno-novogo Instituta Zabajkalskovo Filiala Geografičeskovo Obščestva SSSR*, 9.
- Paczos S., 1982, *Stosunki termiczne i śnieżne zim w Polsce*, Wyd. UMCS, Lublin.
- Paltridge G.W., Platt C.M.R., 1976, *Radiative processes in meteorology and climatology. Development in atmospheric Sciences*, 5, Elsevier, New York.

- Parczewski W., 1961, *Nowa klasyfikacja przedziałów prędkości wiatru dla opracowań klimatycznych i bioklimatycznych*, Wiad. Uzdrow., 1/2, s. 111–115.
- Parsons K.C., 1993, *Human thermal environments*, Taylor & Francis Publ., London.
- Ponikowska I. (red.), 1995, *Medycyna uzdrowiskowa w zarysie*, Wyd. WATEXT'S, Warszawa.
- Popoczko P., 1990, *Ciepło a życie. Zarys termofizjologii zwierząt*, PWN, Warszawa.
- Povolockaja N.P., 1975, *Ispolzovanie metoda teplovogo balansa v dozimetrii solnecnych i vozdusnyh vann*, [w:] A. Novikov (red.), *Voprosy medicinskoj klimatologii i klimatoterapii bolnyh na kurortach*, Institut Kurortologii, Piatigorsk, s. 64–78.
- Przybysz R., 1994, *Próba określenia wpływu stanów pogody na samopoczucie ludzi chorych psychicznie w Zakopanem*, Zeszyty IGIPZ PAN, 24, s. 31–48.
- Quayle R., Steadman R.G., 1998, *The Steadman wind chill: an improvement over present scales*. *Weather and Forecasting*, Boston, 13, 12, s. 1187–1193.
- Raynaud J., Martineaud J.P., Bhatnagar O.P., Vieillefond H.V., Durand J., 1976, *Body temperature during rest and exercise in residents and sojourners in hot climate*, Int. J. Biomet., 20, 4, s. 309–317.
- Rewerski W., Kozłowski S., Korolkiewicz Z., Wróblewski T.E., 1972, *Termoregulacja: fizjologia, patologia i farmakologia*, PZWL, Warszawa.
- Robinson N. (red.), 1966, *Solar radiation*, Elsevier, Nowy York.
- Rowell L.B., Brengelmann G., Murray J.A., Kröning K.K., Kusumi F., 1969, *Human metabolic responses to hyperthermia during mild to maximal exercise*, J. Appl. Physiol., 26, 4, s. 395–402.
- Schofield W.N., 1985, *Predicting basal metabolic rate, new standards and review of previous works*, Human Nutrition: Clinical Nutrition, 39 C, suppl. 1, s. 5–41.
- Scholander P.F., Hammel H.T., Lange Andersen K., Loyning Y., 1958, *Metabolic acclimation to cold in man*, J. Appl. Physiol., 12, 1, s. 1–8.
- Silbernagl S., Despopoulos A., 1994, *Kieszonkowy atlas fizjologii*, Wyd. Lek. PZWL, Warszawa.
- Sitek M., 2003, *Sezonowe różnicowanie warunków biotermicznych w Tatrach*, Maszynopis pracy magisterskiej, Instytut Geografii Akademii Bydgoskiej.
- Skrzypski J., 1974, *Uslonecznienie i możliwości helioterapii w Krynicy*, Probl. Uzdrow., 9/10, s. 83–107.
- 1978, *Bioklimat Krynicy w świetle krótkotrwałych zmian ciśnienia atmosferycznego i zawartości tlenu w powietrzu*, Probl. Uzdrow., 6, s. 57–146.
- 1981, *Bilans ciepły ciała człowieka podczas kąpieli słonecznych*, Probl. Uzdrow., 9/12, s. 95–106.
- 1989, *Zastosowanie analizy bilansu cieplnego ciała człowieka zmodyfikowaną metodą Fanguera do oceny bioklimatu i termicznych warunków klimatoterapii*, Probl. Uzdrow., 7/8.
- Słownik fizyczny*, 1996, PWN, Warszawa.

- Smolander J., 1987, *Circulatory and thermal adjustments to dynamic exercise in different combinations of ambient temperature, air humidity and clothing*, Publication University of Kuopio, Medicine, Original Reports, 1, s. 1–93.
- Sorbjan Z., 2001, *Meteorologia dla każdego*, Prószyński i S-ka, Warszawa.
- Steadman R.G., 1979, *The assessment of sultriness*, J. Appl. Meteor., 18, 7, s. 861–885.
- Stetson J.B. (red.), 1967, *Metabolism*, 5, 2, Little, Brown and Co (Inc), Boston.
- Stoker J.B., Kappagoda C.T., Thenabadu P.N., Linden R.J., 1973, *A simple method for measurement of oxygen consumption*, J. Appl. Physiol., 35, 5, s. 748–750.
- Strydom N.B., Wyndham C.H., Williams C.G., Morrison J.F., Bredell G.A., Benade A.J., Rahden M. von, 1966, *Acclimatization to humid heat and role of physical conditioning*, J. Appl. Physiol., 21, 2, s. 636–642.
- Sulman F.G., 1982, *Short and long-term changes in climate*, 1, CRC Press, Inc. Boca Raton, Florida.
- Sylwanowicz W., Michajlik A., Ramotowski W., 1989, *Anatomia i fizjologia człowieka*, PZWL, Warszawa.
- Taesler R., 1987, *Climate characteristics and human health*. [w:] *Climate and human health*, Proceedings Symposium in Leningrad, 22–26 Sept. 1986, s. 81–120.
- Terjung W.H., 1966, *Physiological climates of the conterminous United States: A bioclimate classification based on man*, Annales Association of American Geographers, 56, 1, s. 141–179.
- 1969, *The city-man system in urban energy balance climatology*, Proceedings Association of American Geographers, 1, s. 145–148.
- 1970, *Urban energy balance climatology: A preliminary investigations of the city-man system in downtown Los Angeles*, Geogr. Review, 60, s. 44–53.
- 1974, *Energy balance between atmosphere and living organisms*, [w:] S.W. Tromp (red.), *Progress in biometeorology*, 1, 1, Elsevier, Amsterdam, s. 55–58,
- Terjung W.H. and coll., 1970, *The energy balance climatology of a city-man system*, Association of American Geographers, 60, 3, s. 466–492.
- Terjung W.H., Louie S.S-F., 1971, *Potential solar radiation climates of man*, Annales Association of American Geographers, 61, 3, s. 481–500.
- Terjung W.H., O'Rourke P.A., 1983, *Energy budget changes caused by varying solar angles, cloud scenarios, and air temperatures in contrasting landscapes*, Int. J. Biomet., 27, 1, s. 3–16.
- Tuller S.E., 1975, *The energy budget of man: variations with aspect in a downtown urban environment*, Int. J. Biomet., 19, 1, s. 2–13.
- Tyczka S., 1963, *Warunki insolacyjne na wybrzeżu bałtyckim jako fizyczne podstawy dla klimato- i helioterapii*, Wiad. Uzdrow., 1/2, s. 47–58.
- 1969, *Zmiany jonizacji powietrza atmosferycznego w zależności od czynników kosmometeorologicznych i higienicznych*, Uniwersytet Łódzki.
- 1973, *Zastosowanie danych meteorologicznych i aktywności w klimatoterapii*, Probl. Uzdrow., 6, s. 1–14

- 1975, *Warunki bioklimatyczne i higieniczne w uzdrowiskach i regionach uzdrowiskowo-wypoczynkowych*, Probl. Uzdrow., 3, s. 109–132.
- 1980, *Znaczenie czynników klimatycznych w profilaktyce zdrowotnej*, Probl. Uzdrow., 4, s. 49–46.
- Tyczka S., Ponikowska J., Marusik T., 1971, *Średnie dawki rumieniowe promieniowania słonecznego dla osób zdrowych, określone w warunkach klimatycznych wybrzeża Bałtyku*, Baln. Pol., 16, 3/4, s. 217–222.
- Underwood C.R., Ward E.J., 1966, *The solar radiation area of man*, Ergonomics, 9, 2, s. 155–168.
- Vitte N.K., Petryn N.M., 1952, *Izmenenie teploprodukcji čeloveka v rozličnyh uslovijah temperatury vozduha v pokoje i pri vypolnenii fizičeskoj raboty*, Vracebne Delo, 10, s. 913–916.
- Webb P., 1971, *Metabolic heat balance data for 24-hour period*, Int. J. Biomet., 15, 2–4, s. 151–155.
- Wenneberg L.A., Ekstrom N.A., Adler F.O., Malm G.E., Mikiver M., Olsson G.E. 1973, *Energy balance and change in body weight and body water in man during a 2-day cold exposure*, J. Appl. Physiol., 35, 4, s. 477–479.
- WMO No 819, *The global climate system review. Climate system monitoring June 1991–November 1993*, Genewa.
- WMO No 843, *Climate and human health*, Genewa.
- WMO No 892, *Weather, climate and health*, Genewa.
- Wojtach B., 2003, *Le milieu „oxygeno-thermique” comme l’instrument d’évaluation de variabilité du temps*, [w:] K. Błażejczyk, A.B. Adamczyk (red.), *Les relations – Climat – Homme – Climat*, Dokum. Geogr., 29, s. 363–366.
- Woś A., 1996, *Meteorologia dla geografów*, Wyd. Nauk. PWN, Warszawa, 313 ss.
- 1999, *Klimat Polski*, Wyd. Nauk. PWN, Warszawa, 301 ss.
- 2002/2003, *Występowanie w ciągu roku na Nizinie Szczecińskiej i Pojezierzu Suwalskim warunków pogodowych sprzyjających wybranym formom czynnej rekreacji*, Rocz. Nauk., Poznań, 5, s. 29–41.
- Wojtowicz W., 1966, *Zagadnienia metodyczne w badaniach meteoropatologicznych*, Wiad. Uzdrow., 1/2, s. 33–36.
- Wyndham C.H., Strydom N.B., Benade A.J.S., van Rensburg J.A., 1973, *Limiting rates of work for acclimatization at high wet bulb temperatures*, J. Appl. Physiol., 35, 4, s. 454–458.
- Yoshimura H., Morimoto T., 1974, *Seasonal variations of basal metabolism and body fluid*, [w:] S.W. Tromp (red.), *Progress in biometeorology 1*, Elsevier, Amsterdam, s. 549–556.
- Young K.C., 1979, *The influence of environmental parameters on heat stress during exercise*, J. Appl. Meteor., 18, 7, s. 886–897.

BIOCLIMATIC PRINCIPLES OF RECREATION AND TOURISM

Summary

Recreation and tourism are important elements of human life, both individuals and society. Every year the number of tourists and recreants grow up and tourism industry is significant branch of economy of several countries and regions.

As recreation we consider various forms of spending leisure time to bring us satisfaction as well as physical and mental relaxation. As tourism we understand the practice of travelling outside our residence site for at least one day and night.

Satisfaction of recreation and tourism depends on different factors, e.g. accessibility, costs, infrastructure, logistic. At outdoor tourism and recreation the local climate and weather play very important role as well. They should be considered as natural resources like clean water, relief, plant cover etc. It is observed insufficient knowledge dealing with relationships between recreational and tourism activity and climate.

Bioclimatic conditions, i.e. climate considered from the point of view of the human organism, are formed by global and regional radiation and air circulation factors. They are also modified by local features of environment (e.g. relief, plant cover, urbanisation etc.). In spite of great importance of bioclimate in recreational and tourism activity only few information can be found in advertising, mainly positive ones. However, any bioclimatic limitations and threats are omitted.

Problems related with the influence of climate and weather on the human beings are the aims of international research groups. E.g., in the frame of International Society of Biometeorology very active is study group "Climate-recreation-tourism" led by A. Matzarakis and C.R. de Freitas as well as e-CLAT, Climate Change and Tourism research group led by D. Viner.

The present book is an effect of many years author's experiences in research dealing with the influence of weather and climate on the human organism during various forms of outdoor activity (work, climate therapy, recreation). The book is addressed for wide group of recipients. Researchers, university teachers and students will find detail information about the methods and about relationships between the human organism and the atmosphere. Tourism organisers and each their client can find actual information about bioclimatic benefits and bioclimatic limitation which influence satisfaction of recreation.

The book has interdisciplinary character and it consists of several parts. The chapter 2 brings information dealing with climatic stimuli. The special attention is paid on physical stimuli (radiation, thermal, hygric, mechanical, electrical and acoustic) and physiological reactions of man outdoor. The principal of chemical and biological stimuli are considered as well.

Chapter 3 is dedicated to meteorological and climatic elements which influence recreation and tourism. The main characteristics and standards are done for solar radiation, air temperature and humidity, wind speed, air pressure as well as for meteorological phenomena. The characteristics is illustrated by the results of climate-recreation studies carried out in Poland and abroad.

Chapter 4 contains the review of complex biometeorological and bioclimatic indices can be used in climate-recreation research. The principles of the following indices are discussed: cooling power (*H*), wind chill index (*WCI*), wind chill temperature (*WCT*), *Humidex*, effective temperature (*TE*), radiation-and-effective temperature (*TRE*), still shade temperature (*SST*), weather severity index (*SO*), maximal activity level (*MHR*), oxygen volume (*TI*), tourism climate index (*TCI*) and bioclimatic distance index (*BD*). Each index is illustrated on an example of cold and /or of hot day in Warsaw.

Chapter 5 gives the review of the human heat balance models. General principles of heat exchange between the human being and the atmosphere are discussed. Both, heat gains and heat losses are considered. The principles of thermoregulation, acclimatisation and heat transfer inside the body are taken into account as well.

Chapter 6 is dedicated to the new, complex model of man-environment heat exchange, *MENEX_2002*. The model was developed by the author based on many years of experience in this area of research. The reader will find detail equations used for the calculation of particular components of the heat balance. There are also presented new biothermal indices derived from the human heat balance: subjective temperature index (*STI*), heat load (*HL*), physiological strain (*PhS*), heat stress index (*HSI*), maximal time of exposure (*MTE*), water loss (*SW*). All the components of the heat balance and all the indices are illustrated on an example of cold and /or of hot day in Warsaw.

Chapter 7 presents new biothermal-and-meteorological classification of weather which can be used in climate-recreation/tourism research. The typology based on biothermal features of weather (thermal sensations, intensity of radiation stimuli, sultriness, physiological strain) as well as on meteorological characteristics (daily amplitude of temperature, rain fall, snow cover). Digital method for weather classification makes it friendly when use digital meteorological data bases. The weather typology can be used for evaluation of particular sites and/or seasons for various form of recreation: sun baths, air baths, active recreation, ski tourism.

Chapter 8 contains the main characteristics of bioclimatic conditions of Poland considered from the point of view of recreation and tourism.

The Appendix 1 contains the table with values of Weather Evaluation Indices (*WEI*) for each form of recreation and for every individual weather situation. The software package of *BioKlima*©2.2 can be downloaded from the author's home page www.igipz.pan.pl/klimat/blaz/bioklima.htm The software calculates all biometeorological indices and weather characteristics as well as human heat balance components discussed in the book.

Adres e-mail:

Krzysztof Błażejczyk

*Zakład Klimatologii, Instytut Geografii i Przestrzennego Zagospodarowania PAN
ul. Twarda 51/55, 00-818 Warszawa*

e-mail: k.blaz@twarda.pan.pl

Wykaz symboli

Symbol	Wielkość	Wymiar
<i>ac</i>	lbedo skóry i odzieży (przyjmowane najczęściej jako równe 30%)	%
<i>ag</i>	albedo podłoża	%
<i>ap</i>	ciśnienie powietrza	hPa
<i>At</i>	współczynnik charakteryzujący dobową amplitudę temperatury powietrza	b.w.
<i>BD</i>	wskaźnik kontrastowości bioklimatu	b.w.
<i>BMR</i>	podstawowa, metaboliczna produkcja ciepła	W m ²
<i>C</i>	wymiana ciepła przez unoszenie (turbulencyjna wymiana ciepła jawnego, konwekcja)	W m ²
<i>CET</i>	ekwiwalentna temperatura ochładzania	°C
<i>Cl_a</i>	wskaźnik oceny komfortu cieplnego doby	b.w.
<i>Cl_d</i>	wskaźnik oceny komfortu cieplnego dla godzin dziennych	b.w.
<i>CMF</i>	chmurowy współczynnik modyfikujący natężenie UV	b.w.
<i>D_f</i>	niedosyt fizjologiczny	hPa
<i>dH</i>	różnica wysokości pomiędzy poziomami, dla których są określone <i>UVI</i> i <i>UVI₀</i>	km
<i>dp</i>	międydobowa różnica ciśnienia atmosferycznego	hPa
<i>dt</i>	dobowa amplituda temperatury powietrza	°C
<i>dt*</i>	różnica temperatury powietrza między kolejnymi terminami obserwacyjnymi	°C
<i>dt_s</i>	różnica średniej dobowej temperatury powietrza w kolejnych dniach	°C
<i>E</i>	straty ciepła na parowanie (turbulencyjna wymiana ciepła utajonego, ewaporacja)	W m ²
<i>ECl</i>	efektywna izolacyjność odzieży	clo
<i>E_{max}</i>	(straty ciepła na parowanie maksymalne w danych warunkach meteorologicznych)	W m ²
<i>E_{req}</i>	straty ciepła na parowanie niezbędne do zachowania równowagi cieplnej organizmu	W m ²
<i>F</i>	współczynnik charakteryzujący wilgotność powietrza,	b.w.
<i>F_f</i>	wilgotność fizjologiczna	%
<i>G</i>	stała katatermometryczna	mcal cm ⁻²
<i>h</i>	wysokość Słońca	o
<i>H</i>	wielkość ochładzająca powietrza	W m ²
<i>hc</i>	współczynnik konwekcyjnego przenoszenia ciepła	W m ² K ⁻¹
<i>hc'</i>	współczynnik kondukcyjnego przenoszenia ciepła przez odzież	W m ² K ⁻¹
<i>he</i>	współczynnik ewaporacyjnego przenoszenia ciepła	W m ² hPa ⁻¹
<i>Hk</i>	współczynniki charakteryzujące wysokość bezwzględną miejscowości	b.w.
<i>HL</i>	obciążenie cieplne organizmu	b.w.
<i>HR</i>	częstotliwość tętna	uderzeń/min
<i>HSI</i>	wskaźnik stresu cieplnego	%

<i>ht</i>	wzrost	m
<i>Humidex</i>	wskaźnik <i>Humidex</i>	°C
<i>la</i>	izolacyjności termicznej przyskóronej warstwy powietrza	clo
<i>lcl</i>	izolacyjność termiczna odzieży	clo
<i>lclp</i>	przewidywana izolacyjność odzieży	clo
<i>le</i>	współczynnik osłabienia przepływu ciepła przez odzież (dla ewaporacji)	b.w.
<i>lef</i>	termoizolacyjność efektywną	clo
<i>lrc</i>	współczynnik osłabienia przepływu ciepła przez odzież (dla konwekcji i radiacji)	b.w.
<i>lt</i>	termoizolacyjność całkowita	clo
<i>K</i>	bilans promieniowania słonecznego	W m ⁻²
<i>Kd</i>	wymiana ciepła poprzez przewodzenie	W m ⁻²
<i>Kdif</i>	rozproszone promieniowanie słoneczne	W m ²
<i>Kdir</i>	bezpośrednie promieniowanie słoneczne	W m ²
<i>Kglob</i>	całkowite promieniowanie słoneczne	W m ²
<i>Kref</i>	promieniowanie słoneczne odbite od podłoża	W m ⁻²
<i>L*</i>	bilans promieniowania w zakresie długofalowym	W m ²
<i>L</i>	wymiana ciepła poprzez promieniowanie długofalowe	W m ⁻²
<i>La</i>	promieniowanie zwrotne atmosfery	W m ⁻²
<i>Lg</i>	promieniowanie ciepłe podłoża	W m ⁻²
<i>Lr</i>	promieniowanie długofalowe	W m ²
<i>Ls</i>	promieniowanie emitowane przez powierzchnię ciała	W m ⁻²
<i>m</i>	masa ciała	kg
<i>M</i>	metaboliczna produkcja ciepła	W m ⁻²
<i>MED</i>	minimalna dawka rumieniowa	J m ⁻²
<i>MHR</i>	dopuszczalny poziom aktywności fizycznej	W m ⁻²
<i>Mrt</i>	średnia temperatura promieniowania	°C
<i>MTE</i>	dopuszczalny czas przebywania	min
<i>MTSE</i>	maksymalny czas bezpiecznego przebywania na słońcu	min
<i>N</i>	zachmurzenie	%
<i>PhS</i>	wskaźnik stresu termofizjologicznego	b.w.
<i>Q</i>	bilans radiacyjny człowieka	W m ⁻²
<i>R</i>	pochłonięte promieniowania słoneczne	W m ⁻²
<i>Rm</i>	promieniowania pochłoniętego przez manekin	W m ⁻²
<i>R*</i>	promieniowania pochłoniętego przez człowieka nieubranego	W m ⁻²
<i>Res</i>	straty ciepła w wyniku oddychania (respiracja)	W m ⁻²
<i>RH</i>	wilgotność względna powietrza	%

<i>RR</i>	dobowa suma opadu	mm
<i>RR*</i>	wskaźnik oceny opadów atmosferycznych	mm
<i>s</i>	współczynnik emisyjności	b.w.
<i>S</i>	saldo wymiany ciepła	W m ⁻²
<i>S*</i>	wartość wynikowa salda wymiany ciepła	W m ⁻²
<i>SC</i>	grubość pokrywy śnieżnej	cm
<i>SD</i>	wskaźnik oceny usłonecznienia	b.w.
<i>SO</i>	wskaźnik ostrości klimatu I.M. Osokina	b.w.
<i>SST</i>	ekwiwalent temperatury standardowej	°C
<i>STI</i>	temperatura odczuwalna	°C
<i>SW</i>	straty wody z organizmu	g·godz ⁻¹
<i>T</i>	temperatura powietrza	K
<i>t</i>	temperatura powietrza	°C
<i>Tc</i>	temperatura odczuwalna (wskazywana przez miernik odczuć ciepłych)	°C
<i>TCI</i>	wskaźnik turystyczno-klimatyczny	b.w.
<i>td</i>	temperatura punktu rosy	°C
<i>TE</i>	temperatura efektywna	°C
<i>Tek</i>	temperatura ekwiwalentna	°C
<i>Tg</i>	temperatura powierzchni gruntu	°C
<i>tmax</i>	temperatura maksymalna	°C
<i>tmin</i>	temperatura minimalna	°C
<i>Tre</i>	temperatura rektalna	°C
<i>TRE</i>	temperatura radiacyjno-efektywna	°C
<i>TRI</i>	wzrost temperatury spowodowany przez promieniowanie słoneczne	°C
<i>Tsk</i>	temperatura skóry	°C
<i>Tsk*</i>	wynikowa wartość temperatury skóry	°C
<i>TWD</i>	obniżenie temperatury przez ruch powietrza	°C
<i>UVI</i>	wskaźnik UV	b.w.
<i>UVI₀</i>	wskaźnik UV dla nieba bezchmurnego	b.w.
<i>v</i>	prędkość wiatru	m·s ⁻¹
<i>v'</i>	prędkość ruchu człowieka	m·s ⁻¹
<i>VP</i>	maksymalne ciśnienie pary wodnej	hPa
<i>vp</i>	aktualne ciśnienie pary wodnej	hPa
<i>vp_a</i>	ciśnienie pary wodnej na powierzchni skóry	hPa
<i>w</i>	współczynnik uwilgotnienia skóry	b.w.
<i>WCI</i>	wskaźnik ochładzania wiatrem	W·m ⁻²

<i>WCT</i>	temperatura ochładzania wiatrem	°C
<i>WEI</i>	wskaźnik oceny pogody, <i>WEI</i>	b.w.
<i>WEI_{0,8}</i>	średni wskaźnik oceny pogody	b.w.
<i>WEI_{akt}</i>	sumaryczny wskaźnik oceny pogody	b.w.
<i>WL</i>	produkcja ciepła związaną z aktywnością fizyczną człowieka	W·m ²
<i>w_t</i>	ciężar ciała	kg
<i>W_v</i>	wskaźnik oceny prędkości wiatru	b.w.
σ	stała Stefana-Boltzmana (= 5,67 10 ⁻⁸)	W m ⁻² ·K ⁻⁴
τ	czas ochładzania katatermometru	s
β	współczynnik pochłaniania promieniowania słonecznego	b.w.

b.w. - bez wymiaru

Wskaźniki oceny pogody (WET) dla różnych form aktywności człowieka

SB – kąpiele słoneczne, AB – kąpiele powietrzne, MR – łagodne formy aktywnej rekreacji, lekka praca fizyczna, spacer, AR – intensywne formy aktywnej rekreacji, gry sportowe, intensywna praca fizyczna, ST – turystyka narciarska;

3 – pogoda korzystna, 1 – pogoda korzystna z ograniczeniami, 0 – pogoda niekorzystna

Pogoda			Formy aktywności					Pogoda			Formy aktywności					Pogoda			Formy aktywności												
Typ	Pod-typ	Klasa	SB	AB	MR	AR	ST	Typ	Pod-typ	Klasa	SB	AB	MR	AR	ST	Typ	Pod-typ	Klasa	SB	AB	MR	AR	ST	Typ	Pod-typ	Klasa	SB	AB	MR	AR	ST
-3	1C0	000	0	0	0	0	0	-2	1C0	000	0	0	1	3	0	-2	1T0	000	0	0	1	3	0	-2	1C0	000	0	0	1	3	0
-3	1C0	001	0	0	0	0	0	-2	1C0	001	0	0	1	3	1	-2	1T0	001	0	0	1	3	3	-2	1C0	001	0	0	1	3	3
-3	1C0	010	0	0	0	0	0	-2	1C0	010	0	0	0	1	0	-2	1T0	010	0	0	0	1	0	-2	1C0	010	0	0	0	1	0
-3	1C0	011	0	0	0	0	0	-2	1C0	011	0	0	0	1	1	-2	1T0	011	0	0	0	1	1	-2	1C0	011	0	0	0	1	1
-3	1C0	100	0	0	0	0	0	-2	1C0	100	0	0	1	3	0	-2	1T0	100	0	0	1	3	0	-2	1C0	100	0	0	1	3	0
-3	1C0	101	0	0	0	0	0	-2	1C0	101	0	0	1	3	1	-2	1T0	101	0	0	1	3	3	-2	1C0	101	0	0	1	3	3
-3	1C0	110	0	0	0	0	0	-2	1C0	110	0	0	1	1	0	-2	1T0	110	0	0	1	1	0	-2	1C0	110	0	0	1	1	0
-3	1C0	111	0	0	0	0	0	-2	1C0	111	0	0	0	1	1	-2	1T0	111	0	0	0	1	1	-2	1C0	111	0	0	0	1	1
-3	2C0	000	0	0	0	0	0	-2	2C0	000	0	0	1	3	0	-2	2T0	000	0	1	1	3	0	-2	2C0	000	0	1	1	3	0
-3	2C0	001	0	0	0	0	0	-2	2C0	001	0	0	1	3	3	-2	2T0	001	0	1	1	3	3	-2	2C0	001	0	1	1	3	3
-3	2C0	010	0	0	0	0	0	-2	2C0	010	0	0	1	1	0	-2	2T0	010	0	1	1	1	0	-2	2C0	010	0	1	1	1	0
-3	2C0	011	0	0	0	0	0	-2	2C0	011	0	0	1	1	1	-2	2T0	011	0	1	1	1	1	-2	2C0	011	0	1	1	1	1
-3	2C0	100	0	0	0	0	0	-2	2C0	100	0	0	1	3	0	-2	2T0	100	0	1	1	3	0	-2	2C0	100	0	1	1	3	0
-3	2C0	101	0	0	0	0	0	-2	2C0	101	0	0	1	3	3	-2	2T0	101	0	1	1	3	3	-2	2C0	101	0	1	1	3	3
-3	2C0	110	0	0	0	0	0	-2	2C0	110	0	0	1	1	0	-2	2T0	110	0	1	1	1	0	-2	2C0	110	0	1	1	1	0
-3	2C0	111	0	0	0	0	0	-2	2C0	111	0	0	1	1	1	-2	2T0	111	0	1	1	1	1	-2	2C0	111	0	1	1	1	1
-3	3C0	000	0	0	0	1	0	-2	3C0	000	0	0	1	3	0	-2	3T0	000	1	1	3	3	0	-2	3C0	000	1	1	3	3	0
-3	3C0	001	0	0	0	1	1	-2	3C0	001	0	0	1	3	3	-2	3T0	001	1	1	3	3	3	-2	3C0	001	1	1	3	3	3
-3	3C0	010	0	0	0	1	0	-2	3C0	010	0	0	1	1	0	-2	3T0	010	1	1	1	1	0	-2	3C0	010	1	1	1	1	0
-3	3C0	011	0	0	0	1	1	-2	3C0	011	0	0	1	1	1	-2	3T0	011	1	1	1	1	1	-2	3C0	011	1	1	1	1	1
-3	3C0	100	0	0	0	1	0	-2	3C0	100	0	0	1	3	0	-2	3T0	100	1	1	3	3	0	-2	3C0	100	1	1	3	3	0
-3	3C0	101	0	0	0	1	1	-2	3C0	101	0	0	1	3	3	-2	3T0	101	1	1	3	3	3	-2	3C0	101	1	1	3	3	3
-3	3C0	110	0	0	0	1	0	-2	3C0	110	0	0	1	1	0	-2	3T0	110	1	1	1	1	0	-2	3C0	110	1	1	1	1	0
-3	3C0	111	0	0	0	1	1	-2	3C0	111	0	0	1	1	1	-2	3T0	111	1	1	1	1	1	-2	3C0	111	1	1	1	1	1
-1	1C0	000	0	0	1	3	0	-1	1H0	000	0	1	1	3	0	-1	1T0	000	0	3	3	3	0	-1	1C0	000	0	3	3	3	0
-1	1C0	001	0	0	1	3	3	-1	1H0	001	0	1	1	3	3	-1	1T0	001	0	3	3	3	3	-1	1C0	001	0	3	3	3	3
-1	1C0	010	0	0	1	1	0	-1	1H0	010	0	0	1	1	0	-1	1T0	010	0	1	1	1	0	-1	1C0	010	0	1	1	1	0
-1	1C0	011	0	0	1	1	1	-1	1H0	011	0	0	1	1	1	-1	1T0	011	0	1	1	1	1	-1	1C0	011	0	1	1	1	1
-1	1C0	100	0	0	1	3	0	-1	1H0	100	0	0	1	3	0	-1	1T0	100	0	1	3	3	0	-1	1C0	100	0	1	3	3	0
-1	1C0	101	0	0	1	3	3	-1	1H0	101	0	0	1	3	3	-1	1T0	101	0	1	3	3	3	-1	1C0	101	0	1	3	3	3
-1	1C0	110	0	0	1	1	0	-1	1H0	110	0	0	1	1	0	-1	1T0	110	0	0	1	1	0	-1	1C0	110	0	0	1	1	0
-1	1C0	111	0	0	1	1	1	-1	1H0	111	0	0	1	1	1	-1	1T0	111	0	0	1	1	1	-1	1C0	111	0	0	1	1	1
-1	2C0	000	0	1	3	3	0	-1	2H0	000	0	1	3	3	0	-1	2T0	000	0	3	3	3	0	-1	2C0	000	0	3	3	3	0
-1	2C0	001	0	1	3	3	3	-1	2H0	001	0	1	3	3	3	-1	2T0	001	0	3	3	3	3	-1	2C0	001	0	3	3	3	3
-1	2C0	010	0	0	1	1	0	-1	2H0	010	0	0	1	1	0	-1	2T0	010	0	1	1	1	0	-1	2C0	010	0	1	1	1	0
-1	2C0	011	0	0	1	1	1	-1	2H0	011	0	0	1	1	1	-1	2T0	011	0	1	1	1	1	-1	2C0	011	0	1	1	1	1
-1	2C0	100	0	1	3	3	0	-1	2H0	100	0	1	3	3	0	-1	2T0	100	0	1	3	3	0	-1	2C0	100	0	1	3	3	0
-1	2C0	101	0	1	3	3	3	-1	2H0	101	0	1	3	3	3	-1	2T0	101	0	1	3	3	3	-1	2C0	101	0	1	3	3	3
-1	2C0	110	0	1	1	1	0	-1	2H0	110	0	0	1	1	0	-1	2T0	110	0	0	1	1	0	-1	2C0	110	0	0	1	1	0

Pogoda			Formy aktywności					Pogoda			Formy aktywności					Pogoda			Formy aktywności															
Typ	Pod- typ	Klasa	SB	AB	MR	AR	ST	Typ	Pod- typ	Klasa	SB	AB	MR	AR	ST	Typ	Pod- typ	Klasa	SB	AB	MR	AR	ST	Typ	Pod- typ	Klasa	SB	AB	MR	AR	ST			
-1	2C0	111	0	0	1	1	1	-1	2H0	111	0	0	1	1	1	-1	2T0	111	0	0	1	1	1	-1	2C0	000	0	0	1	1	1			
-1	3C0	000	0	1	3	3	0	-1	3H0	000	1	3	3	3	0	-1	3T0	000	1	3	3	3	0	-1	3C0	000	0	1	3	3	0			
-1	3C0	001	0	1	3	3	3	-1	3H0	001	1	3	3	3	3	-1	3T0	001	1	3	3	3	3	-1	3C0	001	0	1	3	3	3			
-1	3C0	010	0	1	1	1	0	-1	3H0	010	0	1	1	1	0	-1	3T0	010	0	1	1	1	0	-1	3C0	010	0	1	1	1	0			
-1	3C0	011	0	1	1	1	1	-1	3H0	011	0	1	1	1	1	-1	3T0	011	0	1	1	1	1	-1	3C0	011	0	1	1	1	1			
-1	3C0	100	0	1	3	3	0	-1	3H0	100	0	1	3	3	0	-1	3T0	100	0	1	3	3	0	-1	3C0	100	0	1	3	3	0			
-1	3C0	101	0	1	3	3	3	-1	3H0	101	0	1	3	3	3	-1	3T0	101	0	1	3	3	3	-1	3C0	101	0	1	3	3	3			
-1	3C0	110	0	1	1	1	0	-1	3H0	110	0	1	1	1	0	-1	3T0	110	0	1	1	1	0	-1	3C0	110	0	1	1	1	0			
-1	3C0	111	0	1	1	1	1	-1	3H0	111	0	1	1	1	1	-1	3T0	111	0	1	1	1	1	-1	3C0	111	0	1	1	1	1			
-1	1C1	000	0	0	1	1	0	-1	1H1	000	0	0	1	1	0	-1	1T1	000	0	0	1	1	0	-1	1C1	000	0	0	1	1	0			
-1	1C1	001	0	0	1	1	1	-1	1H1	001	0	0	1	1	1	-1	1T1	001	0	0	1	1	1	-1	1C1	001	0	0	1	1	1			
-1	1C1	010	0	0	1	1	0	-1	1H1	010	0	0	1	1	0	-1	1T1	010	0	0	1	1	0	-1	1C1	010	0	0	1	1	0			
-1	1C1	011	0	0	1	1	1	-1	1H1	011	0	0	1	1	1	-1	1T1	011	0	0	1	1	1	-1	1C1	011	0	0	1	1	1			
-1	1C1	100	0	0	1	1	0	-1	1H1	100	0	0	1	1	0	-1	1T1	100	0	0	1	1	0	-1	1C1	100	0	0	1	1	0			
-1	1C1	101	0	0	1	1	1	-1	1H1	101	0	0	1	1	1	-1	1T1	101	0	0	1	1	1	-1	1C1	101	0	0	1	1	1			
-1	1C1	110	0	0	1	1	0	-1	1H1	110	0	0	1	1	0	-1	1T1	110	0	0	1	1	0	-1	1C1	110	0	0	1	1	0			
-1	1C1	111	0	0	1	1	1	-1	1H1	111	0	0	1	1	1	-1	1T1	111	0	0	1	1	1	-1	1C1	111	0	0	1	1	1			
-1	2C1	000	0	1	1	1	0	-1	2H1	000	0	1	1	1	0	-1	2T1	000	1	1	3	1	0	-1	2C1	000	0	1	1	1	0			
-1	2C1	001	0	1	1	1	1	-1	2H1	001	0	1	1	1	1	-1	2T1	001	1	1	3	1	1	-1	2C1	001	0	1	1	1	1			
-1	2C1	010	0	0	1	1	0	-1	2H1	010	0	0	1	1	0	-1	2T1	010	0	0	1	1	0	-1	2C1	010	0	0	1	1	0			
-1	2C1	011	0	0	1	1	1	-1	2H1	011	0	0	1	1	1	-1	2T1	011	0	0	1	1	1	-1	2C1	011	0	0	1	1	1			
-1	2C1	100	0	1	1	1	0	-1	2H1	100	0	1	1	1	0	-1	2T1	100	0	1	3	1	0	-1	2C1	100	0	1	1	1	0			
-1	2C1	101	0	1	1	1	1	-1	2H1	101	0	1	1	1	1	-1	2T1	101	0	1	3	1	1	-1	2C1	101	0	1	1	1	1			
-1	2C1	110	0	0	1	1	0	-1	2H1	110	0	0	1	1	0	-1	2T1	110	0	0	1	1	0	-1	2C1	110	0	0	1	1	0			
-1	2C1	111	0	0	1	1	1	-1	2H1	111	0	0	1	1	1	-1	2T1	111	0	0	1	1	1	-1	2C1	111	0	0	1	1	1			
-1	3C1	000	0	1	1	1	0	-1	3H1	000	1	1	1	1	0	-1	3T1	000	1	3	3	1	0	-1	3C1	000	0	1	1	1	0			
-1	3C1	001	0	1	1	1	1	-1	3H1	001	1	1	1	1	1	-1	3T1	001	1	3	3	1	1	-1	3C1	001	0	1	1	1	1			
-1	3C1	010	0	1	1	1	0	-1	3H1	010	0	1	1	1	0	-1	3T1	010	1	1	1	1	0	-1	3C1	010	0	1	1	1	0			
-1	3C1	011	0	1	1	1	1	-1	3H1	011	0	1	1	1	1	-1	3T1	011	1	1	1	1	1	-1	3C1	011	0	1	1	1	1			
-1	3C1	100	0	1	1	1	0	-1	3H1	100	0	1	1	1	0	-1	3T1	100	0	3	3	1	0	-1	3C1	100	0	1	1	1	0			
-1	3C1	101	0	1	1	1	1	-1	3H1	101	0	1	1	1	1	-1	3T1	101	0	3	3	1	1	-1	3C1	101	0	1	1	1	1			
-1	3C1	110	0	1	1	1	0	-1	3H1	110	0	1	1	1	0	-1	3T1	110	0	1	1	1	0	-1	3C1	110	0	1	1	1	0			
-1	3C1	111	0	1	1	1	1	-1	3H1	111	0	1	1	1	1	-1	3T1	111	0	1	1	1	1	-1	3C1	111	0	1	1	1	1			
0	1C0	000	1	1	3	3	0	0	1H0	000	1	3	3	1	0	0	1T0	000	1	3	3	3	0	0	1C0	000	1	1	3	3	0			
0	1C0	001	1	1	3	3	3	0	1H0	001	1	3	3	1	3	0	1T0	001	1	3	3	3	3	0	0	1C0	001	1	1	3	3	3		
0	1C0	010	0	0	1	1	0	0	1H0	010	0	1	1	1	0	0	1T0	010	0	1	1	1	0	0	0	1C0	010	0	0	1	1	0		
0	1C0	011	0	0	1	1	1	0	1H0	011	0	1	1	1	1	0	1T0	011	0	1	1	1	1	0	0	0	1C0	011	0	0	1	1	1	
0	1C0	100	1	1	1	3	0	0	1H0	100	1	1	1	1	0	0	1T0	100	1	3	3	3	0	0	0	1C0	100	1	1	3	3	0		
0	1C0	101	1	1	1	3	3	0	1H0	101	1	1	1	1	3	0	1T0	101	1	3	3	3	3	0	0	0	1C0	101	1	1	3	3	3	
0	1C0	110	0	0	1	1	0	0	1H0	110	0	1	1	1	0	0	1T0	110	0	1	1	1	0	0	0	1C0	110	0	0	1	1	0		
0	1C0	111	0	0	1	1	1	0	1H0	111	0	1	1	1	1	0	0	1T0	111	0	1	1	1	0	0	0	1C0	111	0	0	1	1	1	
0	2C0	000	3	3	3	3	0	0	2H0	000	3	3	3	1	0	0	2T0	000	3	3	3	3	0	0	0	2C0	000	3	3	3	3	0		
0	2C0	001	3	3	3	3	3	0	2H0	001	3	3	3	1	3	0	2T0	001	3	3	3	3	3	0	0	0	2C0	001	3	3	3	3	3	
0	2C0	010	1	1	1	1	0	0	2H0	010	1	1	1	1	0	0	2T0	010	1	1	1	1	0	0	0	0	2C0	010	1	1	1	1	0	
0	2C0	011	1	1	1	1	1	0	2H0	011	1	1	1	1	1	0	0	2T0	011	1	1	1	1	0	0	0	0	2C0	011	1	1	1	1	1
0	2C0	100	3	3	3	3	0	0	2H0	100	1	1	3	1	0	0	2T0	100	3	3	3	3	0	0	0	0	2C0	100	3	3	3	3	0	
0	2C0	101	3	3	3	3	3	0	2H0	101	1	1	3	1	3	0	2T0	101	3	3	3	3	3	0	0	0	2C0	101	3	3	3	3	3	
0	2C0	110	1	1	1	1	0	0	2H0	110	1	1	1	1	0	0	2T0	110	1	1	1	1	0	0	0	0	2C0	110	1	1	1	1	0	
0	2C0	111	1	1	1	1	1	0	2H0	111	1	1	1	1	1	0	0	2T0	111	1	1	1	1	1	0	0	0	2C0	111	1	1	1	1	1
0	3C0	000	3	3	3	3	0	0	3H0	000	3	3	3	1	0	0	3T0	000	3	3	3	3	0	0	0	0	3C0	000	3	3	3	3	0	

Pogoda			Formy aktywności					Pogoda			Formy aktywności					Pogoda			Formy aktywności													
Typ	Pod- typ	Klasa	SB	AB	MR	AR	ST	Typ	Pod- typ	Klasa	SB	AB	MR	AR	ST	Typ	Pod- typ	Klasa	SB	AB	MR	AR	ST	Typ	Pod- typ	Klasa	SB	AB	MR	AR	ST	
0	3C0	001	3	3	3	3	3	0	3H0	001	3	3	3	1	3	0	3T0	001	3	3	3	3	3	0	3T0	001	3	3	3	3	3	
0	3C0	010	1	1	1	1	0	0	3H0	010	1	1	1	1	0	0	3T0	010	1	1	1	1	0	0	3T0	010	1	1	1	1	0	
0	3C0	011	1	1	1	1	1	0	3H0	011	1	1	1	1	1	0	0	3T0	011	1	1	1	1	1	0	3T0	011	1	1	1	1	1
0	3C0	100	3	1	3	3	0	0	3H0	100	3	1	3	1	0	0	3T0	100	3	3	3	3	0	0	3T0	100	3	3	3	3	0	
0	3C0	101	3	1	3	3	3	0	3H0	101	3	1	3	1	3	0	0	3T0	101	3	3	3	3	3	0	3T0	101	3	3	3	3	3
0	3C0	110	1	1	1	1	0	0	3H0	110	1	1	1	1	0	0	3T0	110	1	1	1	1	0	0	3T0	110	1	1	1	1	0	
0	3C0	111	1	1	1	1	1	0	3H0	111	1	1	1	1	1	0	0	3T0	111	1	1	1	1	1	0	3T0	111	1	1	1	1	1
0	1C1	000	1	1	1	1	0	0	1H1	000	1	3	1	1	0	0	1T1	000	1	3	3	3	0	0	1T1	000	1	3	3	3	0	
0	1C1	001	1	1	1	1	1	0	1H1	001	1	3	1	1	1	0	0	1T1	001	1	3	3	3	1	0	1T1	001	1	3	3	3	1
0	1C1	010	1	1	1	0	0	0	1H1	010	1	1	1	0	0	0	0	1T1	010	1	1	1	1	0	0	1T1	010	1	1	1	1	0
0	1C1	011	1	1	1	0	1	0	1H1	011	1	1	1	0	1	0	0	1T1	011	1	1	1	1	1	0	1T1	011	1	1	1	1	1
0	1C1	100	1	1	1	1	0	0	1H1	100	1	3	1	1	0	0	0	1T1	100	1	3	3	3	0	0	1T1	100	1	3	3	3	0
0	1C1	101	1	1	1	1	1	0	1H1	101	1	3	1	1	1	0	0	1T1	101	1	3	3	3	1	0	1T1	101	1	3	3	3	1
0	1C1	110	1	1	1	1	0	0	1H1	110	1	1	1	1	0	0	0	1T1	110	1	1	1	1	0	0	1T1	110	1	1	1	1	0
0	1C1	111	1	1	1	0	1	0	1H1	111	1	1	1	0	1	0	0	1T1	111	1	1	1	1	1	0	1T1	111	1	1	1	1	1
0	2C1	000	1	1	1	1	0	0	2H1	000	3	3	1	1	0	0	0	2T1	000	3	3	3	3	0	0	2T1	000	3	3	3	3	0
0	2C1	001	1	1	1	1	1	0	2H1	001	3	3	1	1	1	0	0	2T1	001	3	3	3	3	1	0	2T1	001	3	3	3	3	1
0	2C1	010	1	1	1	0	0	0	2H1	010	1	1	1	0	0	0	0	2T1	010	1	1	1	1	0	0	2T1	010	1	1	1	1	0
0	2C1	011	1	1	1	0	1	0	2H1	011	1	1	1	0	1	0	0	2T1	011	1	1	1	1	1	0	2T1	011	1	1	1	1	1
0	2C1	100	1	1	1	1	0	0	2H1	100	3	3	1	1	0	0	0	2T1	100	3	3	3	3	0	0	2T1	100	3	3	3	3	0
0	2C1	101	1	1	1	1	1	0	2H1	101	3	3	1	1	1	0	0	2T1	101	3	3	3	3	1	0	2T1	101	3	3	3	3	1
0	2C1	110	1	1	1	1	0	0	2H1	110	1	1	1	1	0	0	0	2T1	110	1	1	1	1	0	0	2T1	110	1	1	1	1	0
0	2C1	111	1	1	1	0	1	0	2H1	111	1	1	1	0	1	0	0	2T1	111	1	1	1	1	1	0	2T1	111	1	1	1	1	1
0	3C1	000	1	1	1	1	0	0	3H1	000	3	3	1	1	0	0	0	3T1	000	3	3	3	1	0	0	3T1	000	3	3	3	1	0
0	3C1	001	1	1	1	1	1	0	3H1	001	3	3	1	1	1	0	0	3T1	001	3	3	3	1	1	0	3T1	001	3	3	3	1	1
0	3C1	010	1	1	1	0	0	0	3H1	010	1	1	1	0	0	0	0	3T1	010	1	1	1	1	0	0	3T1	010	1	1	1	1	0
0	3C1	011	1	1	1	0	1	0	3H1	011	1	1	1	0	1	0	0	3T1	011	1	1	1	1	1	0	3T1	011	1	1	1	1	1
0	3C1	100	1	1	1	1	0	0	3H1	100	3	3	1	1	0	0	0	3T1	100	3	3	3	1	0	0	3T1	100	3	3	3	1	0
0	3C1	101	1	1	1	1	1	0	3H1	101	3	3	1	1	1	0	0	3T1	101	3	3	3	1	1	0	3T1	101	3	3	3	1	1
0	3C1	110	1	1	1	1	0	0	3H1	110	1	1	1	1	0	0	0	3T1	110	1	1	1	1	0	0	3T1	110	1	1	1	1	0
0	3C1	111	1	1	1	0	1	0	3H1	111	1	1	1	0	1	0	0	3T1	111	1	1	1	1	1	0	3T1	111	1	1	1	1	1
0	1C2	000	0	0	0	0	0	0	1H2	000	0	0	0	0	0	0	0	1T2	000	0	0	0	0	0	0	1T2	000	0	0	0	0	0
0	1C2	001	0	0	0	0	0	0	1H2	001	0	0	0	0	0	0	0	1T2	001	0	0	0	0	0	0	1T2	001	0	0	0	0	0
0	1C2	010	0	0	0	0	0	0	1H2	010	0	0	0	0	0	0	0	1T2	010	0	0	0	0	0	0	1T2	010	0	0	0	0	0
0	1C2	011	0	0	0	0	0	0	1H2	011	0	0	0	0	0	0	0	1T2	011	0	0	0	0	0	0	1T2	011	0	0	0	0	0
0	1C2	100	0	0	0	0	0	0	1H2	100	0	0	0	0	0	0	0	1T2	100	0	0	0	0	0	0	1T2	100	0	0	0	0	0
0	1C2	101	0	0	0	0	0	0	1H2	101	0	0	0	0	0	0	0	1T2	101	0	0	0	0	0	0	1T2	101	0	0	0	0	0
0	1C2	110	0	0	0	0	0	0	1H2	110	0	0	0	0	0	0	0	1T2	110	0	0	0	0	0	0	1T2	110	0	0	0	0	0
0	1C2	111	0	0	0	0	0	0	1H2	111	0	0	0	0	0	0	0	1T2	111	0	0	0	0	0	0	1T2	111	0	0	0	0	0
0	2C2	000	0	0	0	0	0	0	2H2	000	0	0	0	0	0	0	0	2T2	000	0	0	0	0	0	0	2T2	000	0	0	0	0	0
0	2C2	001	0	0	0	0	0	0	2H2	001	0	0	0	0	0	0	0	2T2	001	0	0	0	0	0	0	2T2	001	0	0	0	0	0
0	2C2	010	0	0	0	0	0	0	2H2	010	0	0	0	0	0	0	0	2T2	010	0	0	0	0	0	0	2T2	010	0	0	0	0	0
0	2C2	011	0	0	0	0	0	0	2H2	011	0	0	0	0	0	0	0	2T2	011	0	0	0	0	0	0	2T2	011	0	0	0	0	0
0	2C2	100	0	0	0	0	0	0	2H2	100	0	0	0	0	0	0	0	2T2	100	0	0	0	0	0	0	2T2	100	0	0	0	0	0
0	2C2	101	0	0	0	0	0	0	2H2	101	0	0	0	0	0	0	0	2T2	101	0	0	0	0	0	0	2T2	101	0	0	0	0	0
0	2C2	110	0	0	0	0	0	0	2H2	110	0	0	0	0	0	0	0	2T2	110	0	0	0	0	0	0	2T2	110	0	0	0	0	0
0	2C2	111	0	0	0	0	0	0	2H2	111	0	0	0	0	0	0	0	2T2	111	0	0	0	0	0	0	2T2	111	0	0	0	0	0
0	3C2	000	0	0	0	0	0	0	3H2	000	0	0	0	0	0	0	0	3T2	000	0	0	0	0	0	0	3T2	000	0	0	0	0	0
0	3C2	001	0	0	0	0	0	0	3H2	001	0	0	0	0	0	0	0	3T2	001	0	0	0	0	0	0	3T2	001	0	0	0	0	0
0	3C2	010	0	0	0	0	0	0	3H2	010	0	0	0	0	0	0	0	3T2	010	0	0	0	0	0	0	3T2	010	0	0	0	0	0
0	3C2	011	0	0	0	0	0	0	3H2	011	0	0	0	0	0	0	0	3T2	011	0	0	0	0	0	0	3T2	011	0	0	0	0	0

Pogoda			Formy aktywności					Pogoda			Formy aktywności					Pogoda			Formy aktywności												
Typ	Pod- typ	Klasa	SB	AB	MR	AR	ST	Typ	Pod- typ	Klasa	SB	AB	MR	AR	ST	Typ	Pod- typ	Klasa	SB	AB	MR	AR	ST	Typ	Pod- typ	Klasa	SB	AB	MR	AR	ST
0	3C2	100	0	0	0	0	0	0	3H2	100	0	0	0	0	0	0	3T2	100	0	0	0	0	0	0	3T2	100	0	0	0	0	0
0	3C2	101	0	0	0	0	0	0	3H2	101	0	0	0	0	0	0	3T2	101	0	0	0	0	0	0	3T2	101	0	0	0	0	0
0	3C2	110	0	0	0	0	0	0	3H2	110	0	0	0	0	0	0	3T2	110	0	0	0	0	0	0	3T2	110	0	0	0	0	0
0	3C2	111	0	0	0	0	0	0	3H2	111	0	0	0	0	0	0	3T2	111	0	0	0	0	0	0	3T2	111	0	0	0	0	0
1	1C0	000	1	3	3	3	0	1	1H0	000	1	3	3	1	0	1	1T0	000	1	3	3	3	0	1	1T0	000	1	3	3	3	0
1	1C0	001	1	3	3	3	3	1	1H0	001	1	3	3	1	3	1	1T0	001	1	3	3	3	3	1	1T0	001	1	3	3	3	3
1	1C0	010	1	1	1	1	0	1	1H0	010	1	1	1	1	0	1	1T0	010	1	1	1	1	0	1	1T0	010	1	1	1	1	0
1	1C0	011	1	1	1	1	1	1	1H0	011	1	1	1	1	1	1	1T0	011	1	1	1	1	1	1	1T0	011	1	1	1	1	1
1	1C0	100	1	3	3	3	0	1	1H0	100	1	3	3	1	0	1	1T0	100	1	3	3	3	0	1	1T0	100	1	3	3	3	0
1	1C0	101	1	3	3	3	3	1	1H0	101	1	3	3	1	3	1	1T0	101	1	3	3	3	3	1	1T0	101	1	3	3	3	3
1	1C0	110	1	1	1	1	0	1	1H0	110	1	1	1	1	0	1	1T0	110	1	1	1	1	0	1	1T0	110	1	1	1	1	0
1	1C0	111	1	1	1	1	1	1	1H0	111	1	1	1	1	1	1	1T0	111	1	1	1	1	1	1	1T0	111	1	1	1	1	1
1	2C0	000	3	3	3	1	0	1	2H0	000	3	3	3	1	0	1	2T0	000	3	3	3	3	0	1	2T0	000	3	3	3	3	0
1	2C0	001	3	3	3	1	3	1	2H0	001	3	3	3	1	3	1	2T0	001	3	3	3	3	3	1	2T0	001	3	3	3	3	3
1	2C0	010	1	1	1	1	0	1	2H0	010	1	1	1	1	0	1	2T0	010	1	1	1	1	0	1	2T0	010	1	1	1	1	0
1	2C0	011	1	1	1	1	1	1	2H0	011	1	1	1	1	1	1	2T0	011	1	1	1	1	1	1	2T0	011	1	1	1	1	1
1	2C0	100	3	3	3	1	0	1	2H0	100	3	3	3	1	0	1	2T0	100	3	3	3	3	0	1	2T0	100	3	3	3	3	0
1	2C0	101	3	3	3	1	3	1	2H0	101	3	3	3	1	3	1	2T0	101	3	3	3	3	3	1	2T0	101	3	3	3	3	3
1	2C0	110	1	1	1	1	0	1	2H0	110	1	1	1	1	0	1	2T0	110	1	1	1	1	0	1	2T0	110	1	1	1	1	0
1	2C0	111	1	1	1	1	1	1	2H0	111	1	1	1	1	1	1	2T0	111	1	1	1	1	1	1	2T0	111	1	1	1	1	1
1	3C0	000	3	3	3	1	0	1	3H0	000	3	3	1	1	0	1	3T0	000	3	3	3	3	0	1	3T0	000	3	3	3	3	0
1	3C0	001	3	3	3	1	1	1	3H0	001	3	3	1	1	1	1	3T0	001	3	3	3	3	1	1	3T0	001	3	3	3	3	1
1	3C0	010	1	1	1	1	0	1	3H0	010	1	1	1	1	0	1	3T0	010	1	1	1	1	0	1	3T0	010	1	1	1	1	0
1	3C0	011	1	1	1	1	1	1	3H0	011	1	1	1	1	1	1	3T0	011	1	1	1	1	1	1	3T0	011	1	1	1	1	1
1	3C0	100	3	3	3	1	0	1	3H0	100	3	3	1	1	0	1	3T0	100	3	3	3	3	0	1	3T0	100	3	3	3	3	0
1	3C0	101	3	3	3	1	1	1	3H0	101	3	3	1	1	1	1	3T0	101	3	3	3	3	3	1	3T0	101	3	3	3	3	3
1	3C0	110	1	1	1	1	0	1	3H0	110	1	1	1	1	0	1	3T0	110	1	1	1	1	0	1	3T0	110	1	1	1	1	0
1	3C0	111	1	1	1	1	1	1	3H0	111	1	1	1	1	1	1	3T0	111	1	1	1	1	1	1	3T0	111	1	1	1	1	1
1	1C1	000	1	1	1	1	0	1	1H1	000	1	1	1	0	0	1	1T1	000	1	3	3	1	0	1	1T1	000	1	3	3	1	0
1	1C1	001	1	1	1	1	1	1	1H1	001	1	1	1	0	1	1	1T1	001	1	3	3	1	1	1	1T1	001	1	3	3	1	1
1	1C1	010	1	1	1	1	0	1	1H1	010	1	1	1	0	0	1	1T1	010	1	1	1	0	0	1	1T1	010	1	1	1	0	0
1	1C1	011	1	1	1	1	1	1	1H1	011	1	1	1	0	1	1	1T1	011	1	1	1	0	1	1	1T1	011	1	1	1	0	1
1	1C1	100	1	1	1	1	0	1	1H1	100	1	1	1	0	0	1	1T1	100	1	3	3	1	0	1	1T1	100	1	3	3	1	0
1	1C1	101	1	1	1	1	1	1	1H1	101	1	1	1	0	1	1	1T1	101	1	3	3	1	1	1	1T1	101	1	3	3	1	1
1	1C1	110	1	1	1	1	0	1	1H1	110	1	1	1	0	0	1	1T1	110	1	1	1	0	0	1	1T1	110	1	1	1	0	0
1	1C1	111	1	1	1	1	1	1	1H1	111	1	1	1	0	1	1	1T1	111	1	1	1	0	1	1	1T1	111	1	1	1	0	1
1	2C1	000	1	1	1	1	0	1	2H1	000	1	1	1	0	0	1	2T1	000	3	3	3	1	0	1	2T1	000	3	3	3	1	0
1	2C1	001	1	1	1	1	1	1	2H1	001	1	1	1	0	1	1	2T1	001	3	3	3	1	1	1	2T1	001	3	3	3	1	1
1	2C1	010	1	1	1	1	0	1	2H1	010	1	1	1	0	0	1	2T1	010	1	1	1	0	0	1	2T1	010	1	1	1	0	0
1	2C1	011	1	1	1	1	1	1	2H1	011	1	1	1	0	1	1	2T1	011	1	1	1	0	1	1	2T1	011	1	1	1	0	1
1	2C1	100	1	1	1	1	0	1	2H1	100	1	1	1	0	0	1	2T1	100	3	3	3	1	0	1	2T1	100	3	3	3	1	0
1	2C1	101	1	1	1	1	1	1	2H1	101	1	1	1	0	1	1	2T1	101	3	3	3	3	1	1	2T1	101	3	3	3	1	1
1	2C1	110	1	1	1	1	0	1	2H1	110	1	1	1	0	0	1	2T1	110	1	1	1	0	0	1	2T1	110	1	1	1	0	0
1	2C1	111	1	1	1	1	1	1	2H1	111	1	1	1	0	1	1	2T1	111	1	1	1	0	1	1	2T1	111	1	1	1	0	1
1	3C1	000	3	1	1	0	0	1	3H1	000	1	1	0	0	0	1	3T1	000	3	3	1	1	0	1	3T1	000	3	3	1	1	0
1	3C1	001	3	1	1	0	1	1	3H1	001	1	1	0	0	1	1	3T1	001	3	3	1	1	1	1	3T1	001	3	3	1	1	1
1	3C1	010	1	1	1	0	0	1	3H1	010	1	1	0	0	0	1	3T1	010	1	1	1	0	0	1	3T1	010	1	1	1	0	0
1	3C1	011	1	1	1	0	1	1	3H1	011	1	1	0	0	1	1	3T1	011	1	1	1	0	1	1	3T1	011	1	1	1	0	1
1	3C1	100	3	1	1	0	0	1	3H1	100	1	1	0	0	0	1	3T1	100	3	3	1	1	0	1	3T1	100	3	3	1	1	0
1	3C1	101	1	1	1	0	1	1	3H1	101	1	1	0	0	1	1	3T1	101	3	3	1	1	1	1	3T1	101	3	3	1	1	1

Pogoda			Formy aktywności					Pogoda			Formy aktywności					Pogoda			Formy aktywności													
Typ	Pod- typ	Klasa	SB	AB	MR	AR	ST	Typ	Pod- typ	Klasa	SB	AB	MR	AR	ST	Typ	Pod- typ	Klasa	SB	AB	MR	AR	ST	Typ	Pod- typ	Klasa	SB	AB	MR	AR	ST	
1	3C1	110	1	1	1	0	0	1	3H1	110	1	1	0	0	0	1	3T1	110	1	1	1	0	0	1	3T1	111	1	1	1	0	1	
1	3C1	111	1	1	1	0	1	1	3H1	111	1	1	0	0	1	1	3T1	111	1	1	1	1	0	1	1	3T1	111	1	1	1	0	1
1	1C2	000	0	0	0	0	0	1	1H2	000	0	0	0	0	0	1	1T2	000	0	0	0	0	0	0	1	1T2	000	0	0	0	0	0
1	1C2	001	0	0	0	0	0	1	1H2	001	0	0	0	0	0	1	1T2	001	0	0	0	0	0	0	1	1T2	001	0	0	0	0	0
1	1C2	010	0	0	0	0	0	1	1H2	010	0	0	0	0	0	1	1T2	010	0	0	0	0	0	0	1	1T2	010	0	0	0	0	0
1	1C2	011	0	0	0	0	0	1	1H2	011	0	0	0	0	0	1	1T2	011	0	0	0	0	0	0	1	1T2	011	0	0	0	0	0
1	1C2	100	0	0	0	0	0	1	1H2	100	0	0	0	0	0	1	1T2	100	0	0	0	0	0	0	1	1T2	100	0	0	0	0	0
1	1C2	101	0	0	0	0	0	1	1H2	101	0	0	0	0	0	1	1T2	101	0	0	0	0	0	0	1	1T2	101	0	0	0	0	0
1	1C2	110	0	0	0	0	0	1	1H2	110	0	0	0	0	0	1	1T2	110	0	0	0	0	0	0	1	1T2	110	0	0	0	0	0
1	1C2	111	0	0	0	0	0	1	1H2	111	0	0	0	0	0	1	1T2	111	0	0	0	0	0	0	1	1T2	111	0	0	0	0	0
1	2C2	000	0	0	0	0	0	1	2H2	000	0	0	0	0	0	1	2T2	000	0	0	0	0	0	0	1	2T2	000	0	0	0	0	0
1	2C2	001	0	0	0	0	0	1	2H2	001	0	0	0	0	0	1	2T2	001	0	0	0	0	0	0	1	2T2	001	0	0	0	0	0
1	2C2	010	0	0	0	0	0	1	2H2	010	0	0	0	0	0	1	2T2	010	0	0	0	0	0	0	1	2T2	010	0	0	0	0	0
1	2C2	011	0	0	0	0	0	1	2H2	011	0	0	0	0	0	1	2T2	011	0	0	0	0	0	0	1	2T2	011	0	0	0	0	0
1	2C2	100	0	0	0	0	0	1	2H2	100	0	0	0	0	0	1	2T2	100	0	0	0	0	0	0	1	2T2	100	0	0	0	0	0
1	2C2	101	0	0	0	0	0	1	2H2	101	0	0	0	0	0	1	2T2	101	0	0	0	0	0	0	1	2T2	101	0	0	0	0	0
1	2C2	110	0	0	0	0	0	1	2H2	110	0	0	0	0	0	1	2T2	110	0	0	0	0	0	0	1	2T2	110	0	0	0	0	0
1	2C2	111	0	0	0	0	0	1	2H2	111	0	0	0	0	0	1	2T2	111	0	0	0	0	0	0	1	2T2	111	0	0	0	0	0
1	3C2	000	0	0	0	0	0	1	3H2	000	0	0	0	0	0	1	3T2	000	0	0	0	0	0	0	1	3T2	000	0	0	0	0	0
1	3C2	001	0	0	0	0	0	1	3H2	001	0	0	0	0	0	1	3T2	001	0	0	0	0	0	0	1	3T2	001	0	0	0	0	0
1	3C2	010	0	0	0	0	0	1	3H2	010	0	0	0	0	0	1	3T2	010	0	0	0	0	0	0	1	3T2	010	0	0	0	0	0
1	3C2	011	0	0	0	0	0	1	3H2	011	0	0	0	0	0	1	3T2	011	0	0	0	0	0	0	1	3T2	011	0	0	0	0	0
1	3C2	100	0	0	0	0	0	1	3H2	100	0	0	0	0	0	1	3T2	100	0	0	0	0	0	0	1	3T2	100	0	0	0	0	0
1	3C2	101	0	0	0	0	0	1	3H2	101	0	0	0	0	0	1	3T2	101	0	0	0	0	0	0	1	3T2	101	0	0	0	0	0
1	3C2	110	0	0	0	0	0	1	3H2	110	0	0	0	0	0	1	3T2	110	0	0	0	0	0	0	1	3T2	110	0	0	0	0	0
1	3C2	111	0	0	0	0	0	1	3H2	111	0	0	0	0	0	1	3T2	111	0	0	0	0	0	0	1	3T2	111	0	0	0	0	0
2	1C0	000	1	1	1	1	0	2	1H0	000	1	1	1	1	0	2	1T0	000	1	3	3	1	0	2	1T0	000	1	3	3	1	0	
2	1C0	001	1	1	1	1	0	2	1H0	001	1	1	1	1	0	2	1T0	001	1	3	3	1	0	2	1T0	001	1	3	3	1	0	
2	1C0	010	1	1	1	1	0	2	1H0	010	1	1	1	1	0	2	1T0	010	1	1	1	1	0	2	1T0	010	1	1	1	1	0	
2	1C0	011	1	1	1	1	0	2	1H0	011	1	1	1	1	0	2	1T0	011	1	1	1	1	0	2	1T0	011	1	1	1	1	0	
2	1C0	100	1	1	1	1	0	2	1H0	100	1	1	1	1	0	2	1T0	100	1	3	3	1	0	2	1T0	100	1	3	3	1	0	
2	1C0	101	1	1	1	1	0	2	1H0	101	1	1	1	1	0	2	1T0	101	1	3	3	1	0	2	1T0	101	1	3	3	1	0	
2	1C0	110	1	1	1	1	0	2	1H0	110	1	1	1	1	0	2	1T0	110	1	1	1	1	0	2	1T0	110	1	1	1	1	0	
2	1C0	111	1	1	1	1	0	2	1H0	111	1	1	1	1	0	2	1T0	111	1	1	1	1	0	2	1T0	111	1	1	1	1	0	
2	2C0	000	3	1	1	1	0	2	2H0	000	1	1	1	0	0	2	2T0	000	3	3	1	1	0	2	2T0	000	3	3	1	1	0	
2	2C0	001	3	1	1	1	0	2	2H0	001	1	1	1	0	0	2	2T0	001	3	3	1	1	0	2	2T0	001	3	3	1	1	0	
2	2C0	010	1	1	1	1	0	2	2H0	010	1	1	1	0	0	2	2T0	010	1	1	1	1	0	2	2T0	010	1	1	1	1	0	
2	2C0	011	1	1	1	1	0	2	2H0	011	1	1	1	0	0	2	2T0	011	1	1	1	1	0	2	2T0	011	1	1	1	1	0	
2	2C0	100	3	1	1	1	0	2	2H0	100	1	1	1	0	0	2	2T0	100	3	3	1	1	0	2	2T0	100	3	3	1	1	0	
2	2C0	101	3	1	1	1	0	2	2H0	101	1	1	1	0	0	2	2T0	101	3	3	1	1	0	2	2T0	101	3	3	1	1	0	
2	2C0	110	1	1	1	1	0	2	2H0	110	1	1	1	0	0	2	2T0	110	1	1	1	1	0	2	2T0	110	1	1	1	1	0	
2	2C0	111	1	1	1	1	0	2	2H0	111	1	1	1	0	0	2	2T0	111	1	1	1	1	0	2	2T0	111	1	1	1	1	0	
2	3C0	000	3	3	1	0	0	2	3H0	000	1	1	0	0	0	2	3T0	000	3	3	1	0	0	2	3T0	000	3	3	1	0	0	
2	3C0	001	3	3	1	0	0	2	3H0	001	1	1	0	0	0	2	3T0	001	3	3	1	0	0	2	3T0	001	3	3	1	0	0	
2	3C0	010	1	1	1	0	0	2	3H0	010	1	1	0	0	0	2	3T0	010	1	1	1	0	0	2	3T0	010	1	1	1	0	0	
2	3C0	011	1	1	1	0	0	2	3H0	011	1	1	0	0	0	2	3T0	011	1	1	1	0	0	2	3T0	011	1	1	1	0	0	
2	3C0	100	3	3	1	0	0	2	3H0	100	1	1	0	0	0	2	3T0	100	3	3	1	0	0	2	3T0	100	3	3	1	0	0	
2	3C0	101	3	3	1	0	0	2	3H0	101	1	1	0	0	0	2	3T0	101	3	3	1	0	0	2	3T0	101	3	3	1	0	0	
2	3C0	110	1	1	1	0	0	2	3H0	110	1	1	0	0	0	2	3T0	110	1	1	1	0	0	2	3T0	110	1	1	1	0	0	
2	3C0	111	1	1	1	0	0	2	3H0	111	1	1	0	0	0	2	3T0	111	1	1	1	0	0	2	3T0	111	1	1	1	0	0	

Pogoda			Formy aktywności						Pogoda			Formy aktywności						Pogoda			Formy aktywności										
Typ	Pod- typ	Klasa	SB	AB	MR	AR	ST	Typ	Pod- typ	Klasa	SB	AB	MR	AR	ST	Typ	Pod- typ	Klasa	SB	AB	MR	AR	ST	Typ	Pod- typ	Klasa	SB	AB	MR	AR	ST
2	1C1	000	1	1	1	1	0	2	1H1	000	1	1	1	0	0	2	1T1	000	1	1	1	1	0	2	1T1	000	1	1	1	1	0
2	1C1	001	1	1	1	1	0	2	1H1	001	1	1	1	0	0	2	1T1	001	1	1	1	1	0	2	1T1	001	1	1	1	1	0
2	1C1	010	1	1	1	1	0	2	1H1	010	1	1	1	0	0	2	1T1	010	1	1	1	1	0	2	1T1	010	1	1	1	1	0
2	1C1	011	1	1	1	1	0	2	1H1	011	1	1	1	0	0	2	1T1	011	1	1	1	1	0	2	1T1	011	1	1	1	1	0
2	1C1	100	1	1	1	1	0	2	1H1	100	1	1	1	0	0	2	1T1	100	1	1	1	1	0	2	1T1	100	1	1	1	1	0
2	1C1	101	1	1	1	1	0	2	1H1	101	1	1	1	0	0	2	1T1	101	1	1	1	1	0	2	1T1	101	1	1	1	1	0
2	1C1	110	1	1	1	1	0	2	1H1	110	1	1	1	0	0	2	1T1	110	1	1	1	1	0	2	1T1	110	1	1	1	1	0
2	1C1	111	1	1	1	1	0	2	1H1	111	1	1	1	0	0	2	1T1	111	1	1	1	1	0	2	1T1	111	1	1	1	1	0
2	2C1	000	1	1	1	0	0	2	2H1	000	1	1	0	0	0	2	2T1	000	1	1	1	0	0	2	2T1	000	1	1	1	0	0
2	2C1	001	1	1	1	0	0	2	2H1	001	1	1	0	0	0	2	2T1	001	1	1	1	0	0	2	2T1	001	1	1	1	0	0
2	2C1	010	1	1	1	0	0	2	2H1	010	1	1	0	0	0	2	2T1	010	1	1	1	0	0	2	2T1	010	1	1	1	0	0
2	2C1	011	1	1	1	0	0	2	2H1	011	1	1	0	0	0	2	2T1	011	1	1	1	0	0	2	2T1	011	1	1	1	0	0
2	2C1	100	1	1	1	0	0	2	2H1	100	1	1	0	0	0	2	2T1	100	1	1	1	0	0	2	2T1	100	1	1	1	0	0
2	2C1	101	1	1	1	0	0	2	2H1	101	1	1	0	0	0	2	2T1	101	1	1	1	0	0	2	2T1	101	1	1	1	0	0
2	2C1	110	1	1	1	0	0	2	2H1	110	1	1	0	0	0	2	2T1	110	1	1	1	0	0	2	2T1	110	1	1	1	0	0
2	2C1	111	1	1	1	0	0	2	2H1	111	1	1	0	0	0	2	2T1	111	1	1	1	0	0	2	2T1	111	1	1	1	0	0
2	3C1	000	1	1	1	0	0	2	3H1	000	1	1	0	0	0	2	3T1	000	1	1	1	0	0	2	3T1	000	1	1	1	0	0
2	3C1	001	1	1	1	0	0	2	3H1	001	1	1	0	0	0	2	3T1	001	1	1	1	0	0	2	3T1	001	1	1	1	0	0
2	3C1	010	1	1	1	0	0	2	3H1	010	1	1	0	0	0	2	3T1	010	1	1	1	0	0	2	3T1	010	1	1	1	0	0
2	3C1	011	1	1	1	0	0	2	3H1	011	1	1	0	0	0	2	3T1	011	1	1	1	0	0	2	3T1	011	1	1	1	0	0
2	3C1	100	1	1	1	0	0	2	3H1	100	1	1	0	0	0	2	3T1	100	1	1	1	0	0	2	3T1	100	1	1	1	0	0
2	3C1	101	1	1	1	0	0	2	3H1	101	1	1	0	0	0	2	3T1	101	1	1	1	0	0	2	3T1	101	1	1	1	0	0
2	3C1	110	1	1	1	0	0	2	3H1	110	1	1	0	0	0	2	3T1	110	1	1	1	0	0	2	3T1	110	1	1	1	0	0
2	3C1	111	1	1	1	0	0	2	3H1	111	1	1	0	0	0	2	3T1	111	1	1	1	0	0	2	3T1	111	1	1	1	0	0
2	1C2	000	0	0	0	0	0	2	1H2	000	0	0	0	0	0	2	1T2	000	0	0	0	0	0	2	1T2	000	0	0	0	0	0
2	1C2	001	0	0	0	0	0	2	1H2	001	0	0	0	0	0	2	1T2	001	0	0	0	0	0	2	1T2	001	0	0	0	0	0
2	1C2	010	0	0	0	0	0	2	1H2	010	0	0	0	0	0	2	1T2	010	0	0	0	0	0	2	1T2	010	0	0	0	0	0
2	1C2	011	0	0	0	0	0	2	1H2	011	0	0	0	0	0	2	1T2	011	0	0	0	0	0	2	1T2	011	0	0	0	0	0
2	1C2	100	0	0	0	0	0	2	1H2	100	0	0	0	0	0	2	1T2	100	0	0	0	0	0	2	1T2	100	0	0	0	0	0
2	1C2	101	0	0	0	0	0	2	1H2	101	0	0	0	0	0	2	1T2	101	0	0	0	0	0	2	1T2	101	0	0	0	0	0
2	1C2	110	0	0	0	0	0	2	1H2	110	0	0	0	0	0	2	1T2	110	0	0	0	0	0	2	1T2	110	0	0	0	0	0
2	1C2	111	0	0	0	0	0	2	1H2	111	0	0	0	0	0	2	1T2	111	0	0	0	0	0	2	1T2	111	0	0	0	0	0
2	2C2	000	0	0	0	0	0	2	2H2	000	0	0	0	0	0	2	2T2	000	0	0	0	0	0	2	2T2	000	0	0	0	0	0
2	2C2	001	0	0	0	0	0	2	2H2	001	0	0	0	0	0	2	2T2	001	0	0	0	0	0	2	2T2	001	0	0	0	0	0
2	2C2	010	0	0	0	0	0	2	2H2	010	0	0	0	0	0	2	2T2	010	0	0	0	0	0	2	2T2	010	0	0	0	0	0
2	2C2	011	0	0	0	0	0	2	2H2	011	0	0	0	0	0	2	2T2	011	0	0	0	0	0	2	2T2	011	0	0	0	0	0
2	2C2	100	0	0	0	0	0	2	2H2	100	0	0	0	0	0	2	2T2	100	0	0	0	0	0	2	2T2	100	0	0	0	0	0
2	2C2	101	0	0	0	0	0	2	2H2	101	0	0	0	0	0	2	2T2	101	0	0	0	0	0	2	2T2	101	0	0	0	0	0
2	2C2	110	0	0	0	0	0	2	2H2	110	0	0	0	0	0	2	2T2	110	0	0	0	0	0	2	2T2	110	0	0	0	0	0
2	2C2	111	0	0	0	0	0	2	2H2	111	0	0	0	0	0	2	2T2	111	0	0	0	0	0	2	2T2	111	0	0	0	0	0
2	3C2	000	0	0	0	0	0	2	3H2	000	0	0	0	0	0	2	3T2	000	0	0	0	0	0	2	3T2	000	0	0	0	0	0
2	3C2	001	0	0	0	0	0	2	3H2	001	0	0	0	0	0	2	3T2	001	0	0	0	0	0	2	3T2	001	0	0	0	0	0
2	3C2	010	0	0	0	0	0	2	3H2	010	0	0	0	0	0	2	3T2	010	0	0	0	0	0	2	3T2	010	0	0	0	0	0
2	3C2	011	0	0	0	0	0	2	3H2	011	0	0	0	0	0	2	3T2	011	0	0	0	0	0	2	3T2	011	0	0	0	0	0
2	3C2	100	0	0	0	0	0	2	3H2	100	0	0	0	0	0	2	3T2	100	0	0	0	0	0	2	3T2	100	0	0	0	0	0
2	3C2	101	0	0	0	0	0	2	3H2	101	0	0	0	0	0	2	3T2	101	0	0	0	0	0	2	3T2	101	0	0	0	0	0
2	3C2	110	0	0	0	0	0	2	3H2	110	0	0	0	0	0	2	3T2	110	0	0	0	0	0	2	3T2	110	0	0	0	0	0
2	3C2	111	0	0	0	0	0	2	3H2	111	0	0	0	0	0	2	3T2	111	0	0	0	0	0	2	3T2	111	0	0	0	0	0
3	1C0	000	1	1	0	0	0	3	1H0	000	1	1	0	0	0	3	1T0	000	1	1	0	0	0	3	1T0	000	1	1	0	0	0
3	1C0	001	1	1	0	0	0	3	1H0	001	1	1	0	0	0	3	1T0	001	1	1	0	0	0	3	1T0	001	1	1	0	0	0

Pogoda			Formy aktywności					Pogoda			Formy aktywności					Pogoda			Formy aktywności												
Typ	Pod- typ	Klasa	SB	AB	MR	AR	ST	Typ	Pod- typ	Klasa	SB	AB	MR	AR	ST	Typ	Pod- typ	Klasa	SB	AB	MR	AR	ST	Typ	Pod- typ	Klasa	SB	AB	MR	AR	ST
3	1C2	101	0	0	0	0	0	3	1H2	101	0	0	0	0	0	3	1T2	101	0	0	0	0	0	3	1T2	101	0	0	0	0	0
3	1C2	110	0	0	0	0	0	3	1H2	110	0	0	0	0	0	3	1T2	110	0	0	0	0	0	3	1T2	110	0	0	0	0	0
3	1C2	111	0	0	0	0	0	3	1H2	111	0	0	0	0	0	3	1T2	111	0	0	0	0	0	3	1T2	111	0	0	0	0	0
3	2C2	000	0	0	0	0	0	3	2H2	000	0	0	0	0	0	3	2T2	000	0	0	0	0	0	3	2T2	000	0	0	0	0	0
3	2C2	001	0	0	0	0	0	3	2H2	001	0	0	0	0	0	3	2T2	001	0	0	0	0	0	3	2T2	001	0	0	0	0	0
3	2C2	010	0	0	0	0	0	3	2H2	010	0	0	0	0	0	3	2T2	010	0	0	0	0	0	3	2T2	010	0	0	0	0	0
3	2C2	011	0	0	0	0	0	3	2H2	011	0	0	0	0	0	3	2T2	011	0	0	0	0	0	3	2T2	011	0	0	0	0	0
3	2C2	100	0	0	0	0	0	3	2H2	100	0	0	0	0	0	3	2T2	100	0	0	0	0	0	3	2T2	100	0	0	0	0	0
3	2C2	101	0	0	0	0	0	3	2H2	101	0	0	0	0	0	3	2T2	101	0	0	0	0	0	3	2T2	101	0	0	0	0	0
3	2C2	110	0	0	0	0	0	3	2H2	110	0	0	0	0	0	3	2T2	110	0	0	0	0	0	3	2T2	110	0	0	0	0	0
3	2C2	111	0	0	0	0	0	3	2H2	111	0	0	0	0	0	3	2T2	111	0	0	0	0	0	3	2T2	111	0	0	0	0	0
3	3C2	000	0	0	0	0	0	3	3H2	000	0	0	0	0	0	3	3T2	000	0	0	0	0	0	3	3T2	000	0	0	0	0	0
3	3C2	001	0	0	0	0	0	3	3H2	001	0	0	0	0	0	3	3T2	001	0	0	0	0	0	3	3T2	001	0	0	0	0	0
3	3C2	010	0	0	0	0	0	3	3H2	010	0	0	0	0	0	3	3T2	010	0	0	0	0	0	3	3T2	010	0	0	0	0	0
3	3C2	011	0	0	0	0	0	3	3H2	011	0	0	0	0	0	3	3T2	011	0	0	0	0	0	3	3T2	011	0	0	0	0	0
3	3C2	100	0	0	0	0	0	3	3H2	100	0	0	0	0	0	3	3T2	100	0	0	0	0	0	3	3T2	100	0	0	0	0	0
3	3C2	101	0	0	0	0	0	3	3H2	101	0	0	0	0	0	3	3T2	101	0	0	0	0	0	3	3T2	101	0	0	0	0	0
3	3C2	110	0	0	0	0	0	3	3H2	110	0	0	0	0	0	3	3T2	110	0	0	0	0	0	3	3T2	110	0	0	0	0	0
3	3C2	111	0	0	0	0	0	3	3H2	111	0	0	0	0	0	3	3T2	111	0	0	0	0	0	3	3T2	111	0	0	0	0	0

Instytut Geografii i Przestrzennego Zagospodarowania im. Stanisława Leszczyckiego, Polskiej Akademii Nauk, wydaje następujące publikacje seryjne:

- Geographia Polonica,
- Prace Geograficzne,
- Przegląd Geograficzny,
- Dokumentacja Geograficzna,
- Europa XXI,
- Geopolitical Studies,
- Bibliografia Geografii Polskiej,
- Atlas Warszawy,

oraz *Atlas Rzeczypospolitej Polskiej* (1995), *Centralny katalog zbiorów kartograficznych w Polsce* (2000).

MONOGRAFIE

- 1 – T. Kozłowska-Szczęśna, K. Błażejczyk, B. Krawczyk, 1997, *Bioklimatologia człowieka*.
- 2 – L. Starkel, 2001, *Historia Doliny Wisły od ostatniego zlodowacenia do dziś*.
- 3 – T. Kozłowska-Szczęśna, K. Błażejczyk, B. Krawczyk, D. Limanówka, 2002, *Bioklimat uzdrowisk polskich i możliwości jego wykorzystania w lecznictwie*.

ATLAS WARSZAWY

- 1 – Węclawowicz G., Jarosz A., 1993, *Struktury demograficzne i gospodarstw domowych*.
- 2 – Węclawowicz G., Księżak J., 1994, *Struktury wykształcenia i zatrudnienia ludności w świetle Narodowego Spisu Powszechnego 1988*.
- 3 – Węclawowicz G., Jarosz A., 1995, *Warunki mieszkaniowe ludności w świetle Narodowego Spisu Powszechnego 1988*.
- 4 – Kozłowska-Szczęśna T., Błażejczyk K., Krawczyk B., 1996, *Środowisko fizyczno-geograficzne – niektóre zagadnienia*.
- 5 – Węclawowicz G., Jarosz A., Śleszyński P., 1998, *Wybory parlamentarne 1991 i 1993*.
- 6 – Misztal S., 1998, *Przekształcenia struktury przemysłu Warszawy*.
- 7 – Potrykowska A., Śleszyński P., 1999, *Migracje wewnętrzne w Warszawie i województwie warszawskim*.
- 8 – Luniak M., Nowicki W., Kozłowski P., Plit J., 2001, *Ptaki Warszawy 1962–2000*.

Sprzedaż i prenumeratę publikacji IGiPZ PAN prowadzą księgarnie:

- Księgarnia DHN Sp. z o.o. PAN, ul. Szczęśliwicka 2/17, 02–352 Warszawa, tel./fax 22/822–98–69; tel. 22/658–15–58.
- Główna Księgarnia Naukowa im. Bolesława Prusa, ul. Krakowskie Przedmieście 7, 00–068 Warszawa, tel. 826–18–35.

PL ISSN 0373-6547
ISBN 83-87954-31-4

<http://rcin.org.pl>

BIOKLIMATYCZNE UWARUNKOWANIA REKREACJI I TURYSTYKI W POLSCE