

POLSKA AKADEMIA NAUK  
INSTYTUT GEOGRAFII I PRZESTRZENNEGO ZAGOSPODAROWANIA  
im. Stanisława Leszczyckiego

ZESZYTY IGiPZ PAN nr 58

BARBARA KRAWCZYK  
KRZYSZTOF BŁAŻEJCZYK

**KLIMATYCZNA I BIOKLIMATYCZNA  
CHARAKTERYSTYKA POLSKI  
PÓŁNOCNO-WSCHODNIEJ**



WARSZAWA 1999

## ZESZYTY IGiPZ PAN

Redaguje zespół w składzie:

Teresa Kozłowska-Szczęsna  
(redaktor)

Grzegorz Węclawowicz  
(zastępca redaktora)

Jerzy Grzeszczak

Marek Degórski

Barbara Jaworska

(sekretarz)

Wydawca:  
IGiPZ PAN

Adres redakcji:  
00-818 Warszawa, ul. Twarda 51/55  
tel.(48-22) 69 78 851  
fax (48-22) 620 62 21

PL - ISSN 0867-6836  
ISBN 83-87954-20-9

POLSKA AKADEMIA NAUK  
INSTYTUT GEOGRAFII I PRZESTRZENNEGO ZAGOSPODAROWANIA  
im. Stanisława Leszczyckiego

ZESZYTY IGiPZ PAN nr 58

BARBARA KRAWCZYK  
KRZYSZTOF BŁAŻEJCZYK

**KLIMATYCZNA I BIOKLIMATYCZNA  
CHARAKTERYSTYKA POLSKI  
PÓŁNOCNO-WSCHODNIEJ**



WARSZAWA 1999

Recenzent:  
Prof. dr hab. Teresa Kozłowska-Szczęsna

**Abstract.** The paper presents climatic and bioclimatic conditions of North-Eastern Poland. In the first part general climatic and bioclimatic characteristic of the studied area is discussed. The second part shows local differentiation of climatic and bioclimatic conditions. GIS procedure were used for spatial documentation of various components of geographical environment.

**Key words:** bioclimate, North-Eastern Poland.



## Spis treści

1. Wstęp	5
2. Metoda	6
3. Ogólna charakterystyka klimatu Polski północno-wschodniej	7
3.1. Warunki solarne	7
3.2. Warunki termiczne	8
3.3. Warunki wilgotnościowe	10
3.4. Warunki wietrzne	13
4. Charakterystyka bioklimatyczna Polski północno-wschodniej	14
4.1. Odczuwalność termiczna	14
4.2. Typy pogody	14
4.3. Komfort cieplny	15
4.4. Warunki aerosanitarnie	16
4.5. Walory zdrowotne lasów	18
5. Zróżnicowanie przestrzenne warunków bioklimatycznych Polski północno-wschodniej	19
5.1. Wpływ środowiska geograficznego na lokalne warunki klimatyczne i bioklimatyczne	20
5.2. Przykłady zróżnicowania warunków bioklimatycznych w skali lokalnej	22
5.3. Zróżnicowanie biotopoklimatyczne w skali regionalnej	24
5.4. Ocena bioklimatyczna terenu na potrzeby rekreacji	28
6. Podsumowanie	30
Literatura	31
<i>Climatic and bioclimatic characteristic of North-Eastern Poland (summary)</i>	33



# 1. WSTĘP

Polska północno-wschodnia z uwagi na swoje walory krajobrazowe, a także na fakt, że w wyniku antropogenicznej działalności człowieka nie dokonały się tu trwałe, negatywne zmiany w środowisku geograficznym, jest niezwykle atrakcyjnym pod względem przyrodniczym regionem kraju. Dlatego też zaliczenie tego obszaru do tzw. „Zielonych Płuc Polski” znajduje swoje uzasadnienie (Proniewski red., 1997). Walory środowiska przyrodniczego sprawiają, że teren ten powinien być wykorzystany do celów turystycznych i rekreacyjnych, a także do leczenia uzdrowiskowego. Polska północno-wschodnia spełnia również ważną rolę we współpracy transgranicznej. Część tego obszaru wchodzi w skład tzw. *Euroregionu Niemen*.

Według J. Kondrackiego (1988) badany obszar należy do dwóch podprowincji: Pojezierzy Wschodniobałtyckich i Wysoczyzn Podlasko-Białoruskich, oraz do trzech makroregionów: Niziny Północnopolaskiej, Pojezierza Mazurskiego (część wschodnia) oraz Pojezierza Litewskiego (część zachodnia).

Literatura klimatologiczna dotycząca tego terenu jest raczej skromna. Informacje o klimacie można znaleźć w opracowaniach Z. Kaczorowskiej (1958), J. L. Olszewskiego (1973), S. J. Pióro (1973), a także w *Atlasie walorów zasobów i zagrożeń środowiska geograficznego* (1994), *Atlasie województwa białostockiego* (1968) oraz w *Atlasie współzależności parametrów meteorologicznych i geograficznych w Polsce* (Stopa - Boryczka i in. 1986).

Jeszcze skromniej przedstawia się literatura bioklimatyczna dotycząca Polski północno-wschodniej. Poza opracowaniami o charakterze monografii klimatologicznych Augustowa (Błażejczyk 1981; 1982) i Supraśla (Kozłowska-Szczęśna i in. 1995) wykonanych w związku z podjęciem przez te miejscowości funkcji leczenia uzdrowiskowego, informacje dotyczące rozkładu poszczególnych elementów i wskaźników klimatu oraz bioklimatu można znaleźć w opracowaniu zbiorowym pt. *Wyniki badań bioklimatu Polski cz. I i II* (Kozłowska-Szczęśna red. 1986) oraz w opracowaniu T. Kozłowskiej-Szczęśnej (1991).

Badania bilansu cieplnego ciała człowieka przeprowadzone przez K. Błażejczyka w Udziejku koło Suwałk (Błażejczyk 1991; 1993, Błażejczyk, Grzybowski, 1993; 1994; 1995) pozwoliły na opracowanie map biotopoklimatycznych w skali mezoklimatycznej.

Celem pracy jest próba syntetycznego ujęcia warunków klimatycznych i bioklimatycznych Polski północno-wschodniej. W opracowaniu, oprócz analizy wieloletnich wyników obserwacji meteorologicznych, zastosowano metody GIS, a także posłużono się bilansem cieplnym człowieka do oceny terenu na potrzeby rekreacji.

Opracowanie obejmuje obszar określony granicą państwa od północy i wschodu, korytem Bugu od południa oraz południkiem 22° od zachodu (ryc.1).

## 2. METODA

Praca została oparta na danych IMGW z okresu 1961-1970 oraz na wynikach badań terenowych przeprowadzonych przez Zakład Klimatologii IGiPZ PAN w Augustowie w latach 1976 i 1977, w Udziejku koło Suwałk w 1988 i 1989 r. oraz w Supraślu w 1994 r. Badania te objęły różne typy krajobrazu charakterystycznego dla Polski północno-wschodniej takie jak: krajobraz pojezierny (Augustów), krajobraz pojezierny, pagórkowaty (Udziejek) oraz urozmaicony krajobraz wysoczyznowy, ukształtowany w wyniku procesów lodowcowych (Supraśl). Rozkład stacji i posterunków meteorologicznych, a także miejsc obserwacji terenowych ilustruje rycina 1.

Praca składa się (poza wstępem) z dwóch zasadniczych części. W pierwszej (rozdział 3 i 4) przedstawiono ogólną charakterystykę warunków klimatycznych i bioklimatycznych Polski północno-wschodniej, opartą na danych z miejscowych stacji i posterunków meteorologicznych (tab. 1).

Tabela 1. Wykaz stacji i posterunków meteorologicznych IMGW, których dane z okresu 1961-1970 wykorzystano w pracy

Miejscowość	Szerokość geograficzna	Długość geograficzna	Wysokość n.p.m.(m)
Białowieża	52°42' N	23°51' E	164
Biebrza-Pieńczyków	53°39' N	22°36' E	117
Suwałki	54°08' N	22°57' E	184
Szepietowo	52°51' N	22°33' E	150
Szczuczyn	53°34' N	22°17' E	130

Druga część pracy obejmująca rozdział 5 zawiera przeglądową, cyfrową mapę biotopoklimatyczną tego terenu wraz z mapami cząstkowymi, opracowanymi przy użyciu wymiany ciepła między ciałem człowieka a otoczeniem (model MENEX) oraz za pomocą systemu informacji geograficznej (GIS). Efektem końcowym tych prac jest mapa oceny terenu na potrzeby rekreacji.

Dziesięcioletni okres obserwacyjny przyjęty w opracowaniu jest dopuszczany przez Światową Organizację Meteorologiczną jako najkrótszy okres podstawowy w badaniach klimatologicznych. Dziesięciolecie 1961-1970 charakteryzowało się zróżnicowanymi warunkami pogodowymi i obejmowało: gorące lato w 1963 r, chłodne w roku 1962 i 1965, mroźne zimy 1962/1963 i 1969/1970 oraz łagodną zimę 1960/1961. Z tego względu, przyjęte dziesięciolecie można uznać za reprezentatywne do oceny warunków klimatycznych i bioklimatycznych Polski.

Podstawą pierwszej części opracowania są średnie miesięczne i roczne wartości podstawowych elementów meteorologicznych, ujęte w zestawienia tabelaryczne. Uwzględniono głównie dane z południowego terminu obserwacyjnego (godz.13<sup>00</sup>).





○ stacje i posterunki meteorologiczne (meteorological stations and posts)

▲ miejsca badań terenowych Zakładu Klimatologii IGiPZ PAN  
(sites of field studies carried out by Department of Climatology,  
Institute of Geography and Spatial Organization)



granica obszaru badań (border of the area under investigation)

1 Ryc. 1. Rozmieszczenie stacji i posterunków meteorologicznych oraz badań terenowych  
Location of meteorological stations and sites of field experiments

Charakteryzują one bowiem warunki pogodowe pory dnia, w której człowiek wykazuje największą aktywność. W kilku przypadkach brano także pod uwagę wartości średnie dzienne np. usłonecznienia z uwagi na normy przyjmowane w bioklimatologii. Określano również liczbę dni z charakterystycznymi wartościami niektórych elementów meteorologicznych (dzień, z danym zjawiskiem to taki, w którym wystąpiło ono przynajmniej w jednym terminie obserwacyjnym).

### 3. OGÓLNA CHARAKTERYSTYKA KLIMATU

#### POLSKI PÓŁNOCNO-WSCHODNIEJ

##### 3.1. Warunki solarne

Promieniowanie Słońca stanowi nie tylko ważny czynnik klimatotwórczy, lecz także odgrywa istotną rolę w kształtowaniu bioklimatu badanego terenu, wpływając na wymianę ciepła zachodzącą między ciałem człowieka a środowiskiem zewnętrznym. Z uwagi na brak wystarczająco gęstej sieci pomiarowej (natężenie promieniowania słonecznego mierzone jest tylko w Suwałkach), do charakterystyki warunków solarnych posłużą dane dotyczące usłonecznienia rzeczywistego obserwowanego w Białowieży, Biebrzy-Pieńczykówku, Suwałkach i Szepietowie (tab. 2).

Tabela 2. Sumy dzienne i roczne usłonecznienia rzeczywistego (w godz.), 1961-1970

Miejscowość	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Ro k	Suma roczna
Białowieża	1,4	1,7	3,4	4,9	6,1	8,1	7,8	6,6	5,5	3,0	0,9	0,7	4,2	1532,1
Biebrza- Pieńczykówek	1,2	1,8	3,6	4,7	6,1	8,2	7,5	6,5	5,2	2,8	1,1	0,8	4,1	1507,5
Suwałki	1,2	1,9	3,8	5,1	6,4	8,6	7,8	6,6	5,3	2,8	1,0	1,0	4,3	1569,3
Szepietowo	1,5	1,9	3,8	5,2	6,6	8,8	8,0	6,9	5,5	3,2	1,1	0,9	4,4	1631,0

Pod względem usłonecznienia (to znaczy, wyrażonego w godzinach czasu trwania promieniowania bezpośredniego), Polska północno-wschodnia należy do lepiej usłonecznionych regionów kraju. Na tym obszarze najwyższe sumy usłonecznienia występują w czerwcu, a nie w lipcu jak na przeważającej części kraju, natomiast najniższa liczba godzin ze słońcem obserwowana jest w grudniu. Sumy roczne usłonecznienia przekraczają normę dla Europy środkowej wynoszącą 1500 godzin w roku, co wskazuje, że na całym badanym obszarze można prowadzić zarówno leczenie klimatyczne, jak i wszystkie formy wypoczynku i turystyki (Kuczmański 1977; 1990).

Zachmurzenie stanowi uzupełnienie charakterystyki warunków solarnych. Od stopnia pokrycia nieba przez chmury zależy bowiem dopływ do powierzchni ziemi energii słonecznej w ciągu dnia i wypromieniowanie ciepła do atmosfery nocą. Wielkość i rodzaj zachmurzenia wpływa również na psychiczne odczucie pogody; dodatnio wpływa na człowieka pogoda

bezchmurna, a ujemnie - pogoda o zachmurzeniu całkowitym. Na badanym obszarze (tab. 3) najmniejsze zachmurzenie w godzinach okołopołudniowych (godz. 13<sup>00</sup>) występuje od czerwca do września (51-70% pokrycia nieba), z tym że najpogodniejszym miesiącem jest wrzesień. Największe zachmurzenie ma miejsce w listopadzie i w grudniu (powyżej 80%).

Tabela 3. Zachmurzenie (w %) o godzinie 13<sup>00</sup>, 1961-1970

Miejscowość	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Rok
Białowieża	75	81	69	65	70	59	61	61	54	68	88	84	70
Biebrza- Pieńczykówek	71	71	60	62	64	54	58	51	55	67	83	80	65
Suwałki	74	72	67	70	71	65	68	68	64	70	80	76	70
Szepietowo	72	73	66	65	68	61	64	64	56	66	83	80	68
Szczuczyn	77	77	70	73	73	64	70	69	64	74	86	82	73

### 3.2. Warunki termiczne

Badany obszar to (poza górami) najchłodniejszy region kraju. Średnia roczna temperatura powietrza wynosi tu około 6,0°C. W styczniu, który jest miesiącem najchłodniejszym, nie spada poniżej -6,0°, a w lipcu miesiącu najcieplejszym - kształtuje się około 17,0°. Zima termiczna (określona średnią temperaturą dobową < 0°C) pojawia się około 30 listopada i trwa do 15 marca, zaś lato (gdzie temperatura dobową > 15°C) rozpoczyna się w pierwszych dniach czerwca, a kończy pod koniec sierpnia (1951-1980), (Niedźwiedz, Limanówka 1992).

Temperatura powietrza w godzinach okołopołudniowych jest niższa aniżeli na innych obszarach Polski nizinnej. Jej wartość średnia roczna kształtuje się od 8,5°C w Suwałkach do 9,3°C w Białowieży. Najwyższa średnia temperatura w godzinach okołopołudniowych występuje w lipcu, około 21°C, a najniższa - w styczniu od -5,0 do -5,7°C. W okresie od maja do września warunki termiczne odpowiadają tu normom przyjmowanym dla miejscowości uzdrowskich (tab. 4).

Tabela 4. Temperatura powietrza (w °C) o godzinie 13<sup>00</sup>, 1961-1970

Miejscowość	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Rok
Białowieża	-5,0	-3,3	2,0	10,5	16,2	20,3	21,2	20,4	17,2	11,0	3,8	-2,8	9,3
Biebrza- Pieńczykówek	-5,1	-3,3	1,9	10,2	15,7	20,2	20,8	20,0	17,0	10,9	3,7	-2,8	9,1
Suwałki	-5,7	-4,0	0,9	9,3	15,3	19,8	20,6	19,9	16,5	10,2	2,9	-3,4	8,5
Szepietowo	-5,2	-3,2	1,7	10,3	15,7	20,3	20,9	20,2	17,3	11,0	3,7	-3,0	9,1
Szczuczyn	-5,1	-3,3	1,7	10,1	15,8	20,5	21,2	20,3	17,2	11,0	3,6	-2,9	9,2

Obliczono także częstość pojawiania się ekstremalnych warunków termicznych wyrażoną w liczbie dni: gorących (tab. 5), upalnych (tab. 6), mroźnych (tab. 7) i bardzo



mroźnych (tab. 8). Na ich podstawie można wnioskować o stopniu uciążliwości dla człowieka warunków termicznych na badanym obszarze.

Tabela 5. Liczba dni gorących (z temperaturą maksymalną  $\geq 25,0^{\circ}\text{C}$ ), 1961-1970

Miejscowość	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Rok
Białowieża				0,6	2,0	7,2	8,7	6,9	2,8	0,2			28,4
Biebrza- Pieńczykówek				0,5	1,4	6,2	7,2	4,8	2,7				22,8
Suwałki				0,1	1,8	5,3	7,7	5,5	2,6				23,0
Szepietowo				0,5	1,6	6,9	8,4	6,2	3,2				26,8
Szczuczyn				0,4	1,9	7,6	8,5	6,4	3,3				28,1

Dni gorące (tab. 5) występują na ogół od kwietnia do września z tym, że w kwietniu zdarzają się one sporadycznie. Występowanie dni upalnych (tab. 6) ogranicza się tylko do miesięcy letnich, a i wtedy jest ich niewiele (średnio 2-3 w roku).

Liczba dni mroźnych zbliża się do 40 (tab.7), a dni bardzo mroźnych wynosi 7-9 w roku (tab.8.)

Tabela 6. Liczba dni upalnych (z temperaturą maksymalną  $\geq 30,0^{\circ}\text{C}$ ), 1961-1970

Miejscowość	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Rok
Białowieża						1,2	0,7	0,9					2,8
Biebrza- Pieńczykówek						0,5	0,3	0,7					1,5
Suwałki						0,3	0,4	0,7					1,4
Szepietowo						1,3	0,9	0,9					3,1
Szczuczyn						1,0	1,3	1,1					3,4

Tabela 7. Liczba dni mroźnych (z temperatura minimalną  $\leq -10,0^{\circ}\text{C}$ ) 1961-1970

Miejscowość	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Rok
Białowieża	14,2	11,2	6,3								0,5	7,5	39,7
Biebrza- Pieńczykówek	13,4	11,9	6,2							0,1	1,1	9,0	41,7
Suwałki	11,8	9,6	5,2								0,9	7,4	34,9
Szepietowo	12,9	9,6	5,7								0,6	7,6	36,4
Szczuczyn	11,9	11,3	5,8								0,9	8,1	38,0

Tabela 8. Liczba dni bardzo mroźnych (z temperaturą maksymalną  $\leq -10,0^{\circ}\text{C}$ ), 1961-1970

Miejscowość	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Rok
Białowieża	4,6	0,9	0,1								0,2	1,7	7,5
Biebrza- Pieńczykówek	3,1	1,3									0,2	1,7	6,3
Suwałki	4,8	1,8										2,5	9,1
Szepietowo	4,1	1,2									0,1	2,0	7,4
Szczuczyn	4,2	1,3									0,2	2,0	7,7



Stopień uciążliwości warunków biotermicznych na tym terenie w półroczu ciepłym (maj-październik), scharakteryzowany na podstawie liczby dni gorących i upalnych, można określić jako mały, natomiast w półroczu chłodnym (listopad-kwiecień) jest on umiarkowany; za podstawę oceny przyjęto liczbę dni bardzo mroźnych i mroźnych (Krawczyk 1988).

### 3.3. Warunki wilgotnościowe

Zbyt niska lub wysoka wilgotność powietrza może być czynnikiem powodującym zakłócenia w procesie oddawania przez człowieka ciepła do otoczenia. W przebiegu rocznym najwyższe wartości wilgotności względnej w godzinach okołopołudniowych obserwuje się w okresie zimowym, a najniższe w lecie (tab. 9).

Tabela 9. Wilgotność względna powietrza (w %) o godz. 13<sup>00</sup>, 1961-1970

Miejscowość	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Rok
Białowieża	84	81	71	62	58	57	56	61	63	72	85	87	70
Biebrza- Pieńczykówek	88	85	76	65	60	56	59	62	64	74	86	90	72
Suwałki	86	82	74	61	57	55	55	59	62	74	85	87	70
Szepietowo	84	85	76	65	62	59	58	61	62	73	87	86	71
Szczuczyn	86	85	75	64	60	54	56	59	61	74	85	88	71

Opady atmosferyczne są czynnikiem ograniczającym możliwość klimatoterapii, wypoczynku, turystyki oraz pracy na wolnym powietrzu. W bioklimatologii przyjmuje się, że na obszarach wypoczynkowo-uzdrowiskowych nie powinno występować więcej niż 183 dni z opadem w ciągu roku. Analizując dane zawarte w tabeli 10 można zauważyć, że badany obszar spełnia te warunki. W przebiegu rocznym, najwięcej dni z opadem występuje w okresie od listopada do marca oraz w maju. Korzystnie pod względem liczby dni z opadem wyróżnia się okres lata i wczesnej jesieni.

Tabela 10. Liczba dni z opadem  $\geq 0,1$  mm, 1961-1970

Miejscowość	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XI	Rok
Białowieża	16	16	15	13	15	12	12	12	12	12	19	18	172
Biebrza- Pieńczykówek	13	14	12	12	14	12	11	12	12	10	15	14	151
Suwałki	17	16	15	13	15	11	12	13	13	12	16	16	169
Szepietowo	14	14	13	12	14	11	10	12	11	10	16	14	151
Szczuczyn	18	17	16	12	16	12	12	13	13	12	17	18	176

Z opadem atmosferycznym często związane są burze, które oddziałują na człowieka poprzez zmiany natężenia pola elektrycznego atmosfery zachodzące podczas wyładowań elektrycznych. W ciągu roku na badanym terenie obserwuje się 12-25 dni z burzą. Niezależnie od swej genezy (burze frontalne lub wewnątrzmasowe) pojawiają się one

sporadycznie już w marcu (tab. 11), jednak większa ich liczba jest obserwowana od maja do sierpnia (2-6 dni w miesiącu).

Tabela 11. Liczba dni z burzą, 1961-1970

Miejscowość	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Rok
Białowieża	.	.	.	1,6	5,9	5,0	4,9	4,4	1,9	.	.	.	23,7
Biebrza- Pieńczyków			0,4	0,7	2,2	2,2	2,8	2,1	0,8	0,3	.	.	11,5
Suwałki	.	.	.	1,1	4,4	5,0	5,4	5,2	2,2	0,1	0,1	.	23,5
Szepietowo	.	.	0,1	1,3	3,7	3,2	2,6	2,8	0,9	.	.	.	14,6
Szczuczyn	.	.	0,2	1,2	4,6	3,9	4,6	4,9	2,1	0,3	.	.	21,8

Ważnym czynnikiem sprzyjającym uprawianiu wycieczki czynnego w okresie zimowym jest pokrywa śnieżna, która także tłumi hałas i odbija promieniowanie słoneczne, wpływając tym samym korzystnie na bilans radiacyjny człowieka zimą. Pod względem liczby dni z pokrywą śnieżną Polska północno-wschodnia należy do obszarów uprzywilejowanych.

Tabela 12. Liczba dni z pokrywą śnieżną, 1961-1970

Miejscowość	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Rok
Białowieża	28	26	21	3							3	23	104
Biebrza- Pieńczyków	26	22	14	1							3	20	86
Suwałki	27	26	20	3							6	23	105
Szepietowo	28	24	19	1							3	19	94
Szczuczyn	27	23	19	2							4	21	96

Pokrywa śnieżna (tab. 12) pojawia się w listopadzie i trwa do pierwszych dni marca, zalegając prawie cały styczeń. Jednak warunkiem niezbędnym do uprawiania narciarstwa nizinnego, jest pokrywa śnieżna o odpowiedniej grubości. Do uprawiania turystyki narciarskiej niezbędna jest warstwa śniegu o grubości co najmniej 10 cm. Warunki takie występują na badanym terenie przez 50 do 80 dni w roku (tab. 13).

Tabela 13. Liczba dni z pokrywą śnieżną o grubości  $\geq 10$  cm, 1961-1970 (Łobożewicz 1979)

Miejscowość	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Rok
Gołdap	14,8	20,6	15,9	1,2							1,7	7,9	62,1
Olecko	15,1	19,9	15,3	0,6							1,8	12,6	65,3
Sokołka	22,8	22,4	18,1	1,3							1,2	14,4	80,2
Suwałki	20,7	22,6	14,6	0,9							1,6	12,6	73,0
Szepietowo	15,9	15,0	10,1	0,6							1,5	8,2	51,3



Dni z pokrywą śnieżną o grubości  $\geq 20$  cm (tab. 14), niezbędnej do uprawiania narciarstwa zjazdowego (które można tu uprawiać z uwagi na urozmaiconą rzeźbę terenu) obserwuje się od 13 do 42 w roku, najwięcej w lutym (około 15 dni).

Tabela 14. Liczba dni z pokrywą śnieżną o grubości  $\geq 20$  cm, 1961-1970 (Łobożewicz 1979)

Miejscowość	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Rok
Gołdap	9,9	14,2	12,0	0,6								2,7	39,4
Olecko	10,7	14,6	12,4	0,6								3,7	42,0
Sokółka	10,6	17,1	11,6	0,3							0,5	1,8	41,9
Suwałki	12,7	15,4	10,9	0,9							0,4	4,4	44,7
Szepietowo	2,4	5,6	4,7	0,5									13,2

Wśród negatywnych zjawisk pogodowych występujących na badanym terenie wymienić należy mgły (tab. 15). Sprzyjają one bowiem utrzymaniu się w atmosferze zanieczyszczeń pyłowych i gazowych, ograniczają dopływ promieniowania słonecznego oraz wpływają na pogorszenie samopoczucia człowieka przebywającego w wilgotnym powietrzu. Rozpatrując roczny przebieg występowania mgły trzeba zauważyć, że pojawiają się one w ciągu całego roku, z tym że najwięcej jest ich jesienią (w okresie październik - listopad). Na tworzenie się mgły (szczególnie radiacyjnej) znaczący wpływ mają czynniki lokalne, stąd obserwuje się duże zróżnicowanie częstości występowania tego zjawiska na badanym terenie.

Tabela 15. Liczba dni z mgłą, 1961-1970

Miejscowość	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Rok
Białowieża	3,7	4,3	4,4	4,0	2,5	1,3	1,4	3,5	5,6	9,7	7,0	4,7	52,1
Biebrza- Pieńczykówek	1,3	2,1	1,1	1,4	0,7	0,2	0,7	1,3	3,1	5,7	3,3	0,6	21,5
Suwałki	8,4	7,0	6,1	5,1	3,5	1,0	2,3	2,5	5,1	9,9	9,1	8,9	68,9
Szepietowo	3,0	3,8	2,9	1,9	1,7	0,3	0,9	2,2	5,1	10,5	7,4	4,2	43,9
Szczuczyn	5,7	6,6	3,9	3,8	2,2	0,4	1,1	2,8	4,1	10,6	10,5	7,8	59,5

Do uciążliwych dla człowieka sytuacji pogodowych należy parność. Zjawisko to ma miejsce wówczas, gdy wysokiej temperaturze powietrza towarzyszą znaczne wartości ciśnienia pary wodnej (co najmniej 18,8 hPa). W Polsce północno-wschodniej dni parnych obserwuje się niewiele (średnio 12-14 w roku), z maksimum w czerwcu i lipcu (tab. 16).

Tabela 16. Liczba dni parnych ( $e \geq 18,8$  hPa), 1961-1970

Miejscowość	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Rok
Białowieża				0,4	3,0	5,6	4,6	0,4					14,0
Biebrza- Pieńczykówek				0,2	3,0	5,8	4,3	0,6					13,9
Szepietowo				0,3	3,0	4,8	5,0	0,9					14,0
Szczuczyn				0,4	3,2	4,4	3,2	0,8					12,0

### 3.4 . Warunki wietrzne

Ruch powietrza decyduje nie tylko o typie pogody, ale również kształtuje odczucie ciepłe człowieka. Na badanym terenie obserwuje się dość duże jego prędkości. Prędkość wiatru o godzinie 13<sup>00</sup> wynosi około 4-5 m s<sup>-1</sup> i wykazuje małą zmienność w ciągu roku (tab.17). Przeważają wiatry z kierunków zachodnich (W, NW, SW) - stanowiąc około 45% przypadków w roku. Najrzadziej pojawiają się wiatry północne (N,NE) i wschodni (E) - około 15% przypadków.

Tabela 17. Prędkość wiatru ( m s<sup>-1</sup>) o godzinie 13<sup>00</sup>, 1961-1970

Miejscowość	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Rok
Białowieża	3,7	4,5	5,4	4,7	4,1	4,1	4,0	4,1	4,3	4,0	4,3	3,2	4,2
Biebrza- Pieńczykówek	3,8	4,5	5,1	4,6	4,2	4,1	4,1	3,7	4,4	4,0	4,2	3,5	4,2
Suwałki	4,5	5,2	5,8	5,4	4,9	4,9	4,9	4,8	5,2	4,9	5,3	4,4	5,0
Szepietowo	3,6	4,0	4,6	4,0	4,0	3,8	4,1	4,1	4,2	3,6	4,0	3,2	3,9
Szczuczyn	4,5	5,2	5,6	5,6	4,8	5,0	5,2	4,9	5,5	5,1	5,4	4,3	5,1

Z punktu widzenia samopoczucia człowieka istotne są wiatry silne, tzn. przekraczające prędkość 8 m s<sup>-1</sup>. Obserwowane są one tu dość często i jest to jedna z charakterystycznych cech klimatu i bioklimatu Polski północno-wschodniej. Dni z wiatrem silnym jest średnio 50-100 w roku, z maksimum w marcu i w listopadzie (tab. 18).

Wśród cech klimatu Polski północno-wschodniej, odróżniających ten obszar od reszty kraju, M. Stopa-Boryczka (1986) wymienia:

- wydłużony okres zimy i skrócony czas trwania lata,
- skrócony okres wegetacyjny,
- najkrótszy w Polsce nizinnej okres bezprzymrozkowy,
- najdłuższy (poza górami) okres zalegania pokrywy śnieżnej.

Te specyficzne cechy klimatu badanego terenu są przejawem narastania wpływów kontynentalnych w miarę przesuwania się z południo-zachodu na północo-wschód kraju.

Tabela 18. Liczba dni z wiatrem silnym ( $v \geq 8 \text{ m s}^{-1}$ ), 1961-1970

Miejscowość	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Rok
Białowieża	6,4	7,5	10,0	5,8	3,6	3,6	4,3	3,5	4,6	5,7	8,7	5,2	68,9
Biebrza- Pieńczykówek	4,4	5,7	6,0	4,3	2,7	2,4	2,7	2,0	4,0	3,2	5,7	2,5	45,6
Suwałki	5,5	6,9	8,9	6,8	5,4	6,6	5,0	5,0	5,0	4,8	7,0	5,8	72,7
Szepietowo	4,4	6,5	6,7	3,4	3,2	1,7	2,3	3,0	4,0	3,0	5,9	2,5	46,6
Szczuczyn	9,1	10,3	11,0	8,2	6,2	4,9	5,7	5,9	8,2	7,7	12,1	8,7	98,0



## 4. CHARAKTERYSTYKA BIOKLIMATYCZNA POLSKI PÓŁNOCNO-WSCHODNIEJ

### 4.1. Odczuwalność termiczna

Na odczuwalność cieplną człowieka wpływa cały kompleks elementów i czynników atmosferycznych. Uwzględniają je tzw. kompleksowe wskaźniki biometeorologiczne, wśród których temperatura radiacyjno-efektywna jest dość często stosowana w praktyce. Temperatura ta ujmuje w jeden wskaźnik liczbowy łączny wpływ na organizm człowieka temperatury, wilgotności powietrza, prędkości wiatru, przede wszystkim zaś - promieniowania słonecznego. Średnia roczna wartość tego wskaźnika w godzinach około południowych jest najniższa w okolicy Suwałk (tab. 19). Średnia miesięczna temperatura radiacyjno-efektywna przyjmuje wartości dodatnie od kwietnia do października. W odniesieniu do skali odczucia ciepłego można zauważyć, że od listopada do marca odczucia ciepłe człowieka stojącego mogą być określone jako „bardzo zimno”, w kwietniu i październiku „zimno” w maju i we wrześniu „chłodno”, w czerwcu, lipcu i sierpniu „orzeźwiająco”. Trzeba tu dodać, że ocena odczuwalności cieplnej człowieka jest obarczona błędem wynikającym z wyznaczenia temperatury radiacyjno-efektywnej na podstawie średnich wartości elementów meteorologicznych.

Do charakterystyki warunków bioklimatycznych okresu zimowego (listopad - marzec stosuje się wskaźnik ostrości klimatu *G. Bodmana* uwzględniający temperaturę powietrza i prędkość wiatru. W świetle wartości tego wskaźnika Polska północno-wschodnia charakteryzuje się zimami umiarkowanie ostrymi (Kozłowska-Szczęsna i in. 1997).

Tabela 19. Temperatura radiacyjno-efektywna o godzinie 13<sup>00</sup>, 1961-1970

Miejscowość	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Rok
Białowieża	-15,0	-13,3	-5,7	7,1	13,5	18,7	19,6	18,5	14,4	6,8	-5,2	-11,8	4,0
Biebrza- Pieńczykówek	-16,2	-14,1	-6,4	5,6	13,8	18,7	19,7	18,0	13,6	5,1	-5,3	-13,2	3,3
Suwałki	-18,0	-15,7	-8,1	4,2	12,0	17,8	18,3	17,0	12,2	3,7	-8,0	-15,2	1,7
Szepietowo	-15,3	-12,4	-5,8	6,7	14,7	19,0	19,2	18,1	14,4	6,2	-5,7	-12,7	3,8

### 4.2. Typy pogody

Analizę kompleksowego oddziaływania warunków meteorologicznych na organizm ludzki można przeprowadzić również za pomocą bioklimatycznych klasyfikacji pogody. W opracowaniu zastosowano klasyfikację pogody K. Błażejczyka (1992) wykonaną na ściśle określone potrzeby praktyczne, takie jak: lecznictwo klimatyczne, rekreacja, turystyka i praca na wolnym powietrzu.

Tabela 20. Liczba dni z pogodą przydatną do terapii ruchowej, czynnego wypoczynku turystyki i pracy na wolnym powietrzu

Miejscowość	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Rok
Białowieża	13,5	9,7	13,0	21,6	27,7	24,5	23,5	24,6	27,1	25,1	14,2	14,5	239,0
Suwałki	4,5	3,9	6,1	17,2	26,9	25,0	27,3	25,8	25,4	22,1	8,2	6,0	198,4
Szepietowo	7,6	9,6	13,4	23,8	27,8	25,5	24,1	24,1	26,9	26,3	13,9	12,8	235,8
Szczuczyn	5,0	5,2	9,3	18,7	27,4	24,6	24,8	25,2	25,6	21,4	8,4	6,0	201,6

Do wymienionych działań praktycznych przydatnych dni jest na badanym obszarze od około 200 w Suwałkach i Szczuczynie do około 240 w Białowieży (w roku). Maksimum liczby tych dni przypada na maj i wrzesień (tab. 20). Uprzywilejowanie Białowieży pod względem liczby dni z pogodą korzystną wynika z jej położenia na polanie śródleśnej, co pociąga za sobą zmniejszenie prędkości wiatru w stosunku do terenów odsłoniętych.

Tabela 21. Liczba dni z pogodą nieprzydatną do klimatoterapii, wypoczynku i pracy na wolnym powietrzu

Miejscowość	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Rok
Białowieża	7,6	7,1	5,1	2,6	1,3	2,4	1,9	2,4	1,2	2,0	6,0	6,4	46,0
Suwałki	12,2	10,8	5,5	3,5	1,4	1,9	1,0	2,2	1,4	3,0	7,1	8,8	58,8
Szepietowo	6,2	6,8	4,1	2,8	2,0	1,6	1,3	2,2	1,4	2,6	7,7	5,3	44,0
Szczuczyn	10,2	7,9	5,2	3,6	1,5	2,3	1,7	1,6	1,3	3,2	8,4	8,1	55,0

Dni z pogodą nieprzydatną dla klimatoterapii, wypoczynku i turystyki oraz pracy na wolnym powietrzu jest na badanym obszarze od około 40 (Szepietowo) do 60 (Suwałki) w roku, najczęściej w okresie zimowym (styczeń, luty i grudzień).

### 4.3. Komfort cieplny

Na podstawie badań wymiany ciepła między ciałem człowieka a środowiskiem atmosferycznym wyznaczono wskaźnik ciepłochronności odzieży, która powinna zabezpieczyć przed nadmierną utratą ciepła i gwarantować tym samym komfort cieplny. Wskaźnik termoizolacyjności odzieży wyznaczony został z równania bilansu cieplnego człowieka (Krawczyk 1993). Średnie miesięczne wartości wskaźnika termoizolacyjności odzieży o godzinie 13<sup>00</sup> zawierają tabele 22 i 23.

Tabela 22. Wskaźnik ciepłochronności odzieży (w clo), gwarantującej człowiekowi komfort cieplny, przy małym wysiłku fizycznym. o godz. 13<sup>00</sup>, 1961-970

Miejscowość	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Rok
Białowieża	4,50	4,30	3,50	2,40	1,90	1,30	1,21	1,30	1,70	2,60	3,50	4,30	2,71
Biebrza- Pieńczykówek	4,80	4,40	3,50	2,50	2,00	1,30	1,20	1,31	1,80	2,60	3,50	4,40	2,78
Suwałki	4,80	4,40	3,70	2,60	2,10	1,40	1,35	1,40	1,90	2,70	3,70	4,40	2,87
Szepietowo	4,60	4,30	3,50	2,40	1,90	1,25	1,23	1,28	1,70	2,60	3,40	4,30	2,70



Analiza danych wskazuje, że w Polsce północno-wschodniej, do zagwarantowania człowiekowi stojącemu komfortu termicznego niezbędna jest w okresie zimowym odzież charakteryzująca się wysokimi wartościami ciepłochronnymi (tzw. odzież arktyczna). Są to najwyższe (poza szczytami Tatr i Sudetów) wartości wskaźnika ciepłochronności odzieży obserwowane w Polsce. Na przedwiośniu i przedzimiu (w listopadzie i w marcu) wystarczy w Polsce północno-wschodniej tzw. zwykła odzież zimowa, w kwietniu, maju, wrześniu i październiku - odzież sezonów przejściowych, w pozostałych miesiącach - zwykła odzież letnia z dodatkami podwyższającymi jej ciepłochronność.

Wtedy gdy człowiek porusza się, stan komfortu cieplnego może być zachowany za pomocą odzieży o znacznie mniejszej ciepłochronności (tab.23). W godzinach około południowych miesiący zimowych, człowiekowi pokonującemu umiarkowany wysiłek fizyczny np., spacer z prędkością  $5 \text{ km h}^{-1}$ , do utrzymania komfortu termicznego wystarczy odzież sezonów przejściowych, wiosną i jesienią - zwykła odzież letnia z dodatkami podwyższającymi jej ciepłochronność. W okresie letnim natomiast, do tego samego celu wystarczy bardzo lekka odzież letnia o termoizolacyjności  $< 0,50 \text{ clo}$ .

Tabela 23. Wskaźnik ciepłochronności odzieży (w clo) gwarantującej człowiekowi komfort cieplny przy umiarkowanym wysiłku fizycznym o godz. 13<sup>00</sup>, 1961-1970

Miejscowość	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Rok
Białowieża	1,50	1,40	1,13	0,72	0,52	0,31	0,27	0,31	0,45	0,80	1,10	1,40	0,83
Biebrza- Pieńczykówek	1,52	1,42	1,15	0,75	0,57	0,33	0,29	0,31	0,50	0,82	1,13	1,45	0,85
Suwałki	1,60	1,48	1,20	0,83	0,61	0,38	0,35	0,37	0,55	0,88	1,20	1,50	0,91
Szepietowo	1,50	1,38	1,10	0,70	0,54	0,29	0,29	0,31	0,46	0,77	1,10	1,42	0,82

Biorąc pod uwagę zespół czynników atmosferycznych oddziałujących w postaci różnorodnych bodźców na człowieka, bioklimat omawianego terenu można określić jako słabo bodźcowy w części południowej i łagodnie bodźcowy w części północnej (Kozłowska-Szczęśna i in. 1997)

#### 4.4. Warunki aerosanitarne

Szkodliwe substancje emitowane do atmosfery oddziałują toksycznie na zwierzęta i rośliny, powodują skażenie produktów spożywczych, a także wpływają niekorzystnie na człowieka, dlatego też dobre warunki aerosanitarne, traktowane są jako pierwszorzędny walor bioklimatyczny. Jak wiadomo, stan zanieczyszczenia powietrza zależy zarówno od stopnia uprzemysłowienia, natężenia ruchu pojazdów, naturalnych warunków geograficznych, jak i od napływu zanieczyszczeń z innych obszarów (zanieczyszczenia transgraniczne).

Normy sanitarne dotyczące zanieczyszczenia powietrza stanowią, że na obszarach specjalnie chronionych, do których zalicza się uzdrowiska z obszarami ochrony uzdrowiskowej, parki narodowe, rezerwy przyrody i parki krajobrazowe, dopuszczalne stężenie pyłu zawieszonego wynosi  $40 \mu\text{g m}^{-3} \text{ rok}^{-1}$ , a na obszarach innych -  $50 \mu\text{g m}^{-3} \text{ rok}^{-1}$ .

W odniesieniu do dwutlenku siarki wartości te wynoszą odpowiednio - 11 i 32  $\mu\text{g m}^{-3} \text{ rok}^{-1}$  (Kozłowska-Szczęsna i in. 1997).

Według danych Państwowej Inspekcji Ochrony Środowiska z lat 1992-1995 (tab. 24), średnioroczne stężenie pyłu zawieszzonego nie przekracza na badanym terenie norm zarówno dla obszarów specjalnie chronionych, jak i innych (Cybulska-Witkiewicz 1995; *Zanieczyszczenie* 1994; 1995; 1997).

Tabela 24. Średniodobowe stężenie pyłu zawieszzonego ( $\mu\text{g m}^{-3}$ ), (wartości średnie roczne)

Miejscowość	1992 r.	1993 r.	1994 r.	1995 r.
Augustów	33	29	12	19
Białystok	19	22	18	16
Bielsk Podlaski	14	18	21	22
Ełk	-	-	10	11
Hajnówka	22	28	26	29
Olecko	18	25	-	-
Sokołka	20	35	20	21
Supraśl	18	12	14	10
Suwałki	15	10	14	16

Jedynie w odniesieniu do dwutlenku siarki (tab. 25), tylko w Augustowie w 1992 r. została przekroczona norma dotycząca obszarów specjalnie chronionych.

Tabela 25. Średniodobowe stężenie dwutlenku siarki ( $\mu\text{g m}^{-3}$ ), (wartości średnie roczne)

Miejscowość	1992 r.	1993 r.	1994 r.	1995 r.
Augustów	24	13	8	8
Białystok	8	6	5	5
Bielsk Podlaski	10	-	7	-
Ełk	-	-	10	12
Hajnówka	16	16	13	7
Olecko	21	10	-	-
Sokołka	20	5	4	5
Supraśl	11	7	4	9
Suwałki	8	8	6	10

Stopień skażenia środowiska można oceniać również na podstawie zmian ilościowych i jakościowych zachodzących w niektórych roślinach i mikroorganizmach. Badania Instytutu Badawczego Leśnictwa prowadzone w latach (1986-1994) w kompleksach leśnych północno-wschodniej Polski wskazują na stosunkowo małe (w skali kraju) stężenie zanieczyszczeń gazowych i pyłu, które zmniejszyło się wyraźnie w ciągu ostatnich ośmiu lat. Jednak na obszarach specjalnie chronionych, często jest jeszcze przekraczany poziom zanieczyszczeń uznawany za nieszkodliwy dla środowiska, a ponadto obserwuje się tutaj wzrost udziału tzw. kwaśnych deszczów w opadach atmosferycznych, co może być przyczyną zakwaszenia środowiska leśnego. W szczególności dotyczy to Puszczy Białowieskiej, gdzie uszkodzenie lasów osiągnęło w 1997 r. tzw. poziom ostrzegawczy. Ta sama sytuacja dotyczy południowo-



wschodnich fragmentów Puszczy Knyszyńskiej i Augustowskiej - tutaj poziom uszkodzenia lasów, oceniany na podstawie stopnia defoliacji, osiąga nawet 60% (Malzahn 1995, *Stan uszkodzenia....1998*).

#### 4.5. Walory zdrowotne lasów

Bardzo ważnym z bioklimatycznego punktu widzenia elementem środowiska przyrodniczego są zbiorowiska leśne stanowiące trzy wielkie kompleksy. Są to: Puszcza Białowieska, w której różnorodnym drzewostanie przeważają bory sosnowe, świerkowe, sosnowo-dębowe, Puszcza Knyszyńska, w której skład wchodzi przeważnie świeże bory świerkowe; niewielkie obszary borów świeżych sosnowych oraz mieszanych lipowo-swierkowych lub dębowo-swierkowych. W Puszczy Augustowskiej dominują suche bory świerkowe, lasy sosnowe i dębowo-sosnowe oraz torfowiska i bagienne lasy olchowe. Natomiast na leżący w granicach opracowania południowy fragment Puszczy Rominckiej składają się bory świerkowe i lasy liściaste. Walory i zasoby biologiczne tych zbiorowisk leśnych są znaczne i powinny być wykorzystane w procesie lecznictwa uzdrowiskowego.

Jak podaje A. Krzymowska-Kostrowicka (1997) bory świerkowe odznaczają się dość dużą produkcją tlenu (około  $10 \text{ t ha}^{-1} \text{ rok}^{-1}$ ), dość znaczną koncentracją ozonu (około  $0,012 \text{ mg m}^{-3}$ ). Charakteryzują się one obecnością w powietrzu fitoaerozoli tzn. lotnych związków chemicznych w postaci terpenów i terpenoidów oraz kwasów organicznych wydzielanych w znacznych ilościach przez świerki. Największa koncentracja tych substancji obserwowana jest w godzinach południowych. Liczebność pyłków roślin w powietrzu jest na ogół niezbyt duża (wiosną większa niż w innych porach roku), mało jest również bakterii (średnio 300-500 w  $\text{m}^3$  powietrza), więcej jest natomiast zarodników grzybów (około 800 spor  $\text{m}^{-3}$ ). Pewną uciążliwością tego typu lasu może być występowanie licznych gatunków owadów. Zdolność oczyszczania powietrza przez bory świerkowe jest duża; to zbiorowisko leśne resorbuje około 70% pyłów, słabo natomiast absorbuje metale ciężkie. W sprzyjających warunkach pogodowych (dobre warunki solarne i niska wilgotność powietrza) bory świerkowe przyczyniają się do większej odporności organizmu, pobudzają układ nerwowy, stabilizują ciśnienie tętnicze krwi. Bory świerkowe mogą być wykorzystywane jako tereny spacerowe, tereny intensywnej terapii ruchowej oraz dla przyrodniczej turystyki wyspecjalizowanej.

Widne wysokopiennie bory sosnowe charakteryzują się mniejszą niż w przypadku borów świerkowych produkcją tlenu (około  $5 \text{ t ha}^{-1} \text{ rok}^{-1}$ , w młodnikach jest go nieco więcej, bo około  $10-12 \text{ t ha}^{-1} \text{ rok}^{-1}$ ). Zawartość ozonu jest dość znaczna (około  $0,015 \text{ mg m}^{-3}$ ), zwłaszcza w godzinach porannych. Wydzielanie substancji lotnych przez rośliny szczególnie wiosną i wczesnym latem jest bardzo duże. Zawartość bakterii (około 200 w  $\text{m}^3$ ) i zarodników grzybów (600 spor w  $\text{m}^3$ ) w powietrzu jest niska, co wiąże się z bakteriobójczym i grzybobójczym oddziaływaniem fitoaerozoli i ozonu. Bór sosnowy charakteryzuje się małą zdolnością samooczyszczania powietrza z zanieczyszczeń pyłowych (20-30% pyłów) i chemicznych, zwłaszcza związków metali ciężkich. Jest to typ lasu oddziałujący leczniczo na choroby układu oddechowego (aromatoterapia). Substancje lotne zawarte w powietrzu, poza

działaniem dezynfekcyjnym, obniżają ciśnienie krwi i wpływają tonizująco na układ nerwowy. Nie mniej jednak istnieją pewne przeciwwskazania do dłuższego przebywania w borach sosnowych i dotyczą one osób starszych z niskim ciśnieniem tętniczym krwi i skłonnością do migren. Bory świeże sosnowe z uwagi na ich walory estetyczne i zdrowotne należy traktować z jednej strony jako przydatne miejsce do lokalizacji sanatoriów (na polanach śródleśnych) z drugiej zaś - z powodu małej odporności runa leśnego - należy ograniczać ich wykorzystanie rekreacyjne.

Bory mieszane sosnowo-dębowe i świerkowo-dębowe charakteryzują się średnią lub wysoką produkcją tlenu do 20-25 t ha<sup>-1</sup> rok<sup>-1</sup> oraz ozonu - 0,01 mg cm<sup>-3</sup> w borach sosnowo-dębowych. Wydzielanie substancji lotnych przez rośliny jest we wszystkich typach borów mieszanych duże, zaś liczebność bakterii jest w mieszanych borach świerkowych raczej niska 150-200 bakterii i 600-800 spor grzybów w m<sup>3</sup> powietrza. Niewielkie jest również zatrzymywanie pyłów. Zbiorowiska leśne borów mieszanych są pod względem bioterapeutycznym uniwersalne, nadają się bowiem do wypoczynku osób w różnym wieku i stanie zdrowia.

Lasy turzycowo-olchowe (olsy) charakteryzują się niekorzystnymi warunkami zdrowotnymi, pomimo, że drzewostany te mają znaczną (około 80%) zdolność oczyszczającą zarówno jeśli chodzi o pyły jak i związki chemiczne. Są to lasy o minimalnej przydatności rekreacyjnej, nie nadające się do dłuższego w nich przebywania. Stanowią one jednak dość istotny element wzbogacający krajobraz.

Torfowiska i bory bagienne. Cechą charakterystyczną bioklimatu tego zbiorowiska jest duża wilgotność powietrza i znaczne (okresowo) stężenie pyłków roślinnych mogących stanowić silne alergeny, przy minimalnym stężeniu bakterii. Ogólnie można stwierdzić, że środowisko to działa stymulująco i antyseptycznie na organizm człowieka.

## 5. ZRÓŻNICOWANIE PRZESTRZENNE WARUNKÓW

### BIOKLIMATYCZNYCH POLSKI PÓŁNOCNO-WSCHODNIEJ

W poprzednich rozdziałach pracy omówiono ogólne cechy klimatu i bioklimatu badanego obszaru. Jednakże dla pełnej charakterystyki warunków bioklimatycznych konieczne jest także zbadanie jego zróżnicowania przestrzennego.

Obszar objęty opracowaniem cechuje bowiem dość duża różnorodność krajobrazów naturalnych. Na południu dominują rozległe, staroglacjalne równiny morenowe i sandrowe, w znacznej części uprawiane rolniczo, z rozległymi puszciami (Białowieska i Knyszyńska). W środkowej części badanego terenu przebiega szeroka dolina Biebrzy, z unikatowymi bagnami, będącymi siedliskiem licznych gatunków ptactwa. Na północ od doliny Biebrzy rozciąga się krajobraz młodoglacjalny w przeważającej części wykorzystywany rolniczo. Na wschodzie znajduje się Puszcza Augustowska, porastająca rozległą równinę sandrową, z malowniczymi jeziorami (np. Wigry, Necko, Białe i inne), a na północnym zachodzie - Puszcza Romincka. Północna część terenu charakteryzuje się bardzo urozmaiconą rzeźbą, z wysokimi pagórami



moren czołowych oraz głębokimi zagłębieniami, często wypełnionymi jeziorami (Kondracki 1972).

### 5.1. Wpływ środowiska geograficznego na lokalne warunki klimatyczne i bioklimatyczne

Wyniki badań terenowych prowadzonych w różnych typach terenu pozwalają na określenie wpływu różnych elementów środowiska geograficznego (rzeźby terenu, szaty roślinnej, rodzaju podłoża i zagospodarowania terenu) na wartości podstawowych elementów meteorologicznych i wskaźników biometeorologicznych. Wszelkie zamieszczone poniżej porównania, odnoszą się do płaskiego, otwartego terenu, porośniętego trawą o wysokości około 10 cm (Kozłowska-Szczęśna i in. 1997).

Rzeźba terenu. Poszczególne formy i elementy rzeźby terenu w różny sposób modyfikują warunki klimatyczne. Promieniowanie słoneczne osiąga największe natężenie i sumy na zboczach o ekspozycji południowej, południowo-zachodniej i południowo-wschodniej. Zmniejszone wartości promieniowania słonecznego obserwuje się na zboczach o wystawie północnej, północno-wschodniej i północno-zachodniej. W dolnych partiach zboczy i w dnach wąskich, głęboko wciętych dolin, dopływ promieniowania słonecznego jest zmniejszony na skutek dużego zakrycia horyzontu przez okoliczne wzniesienia.

Z promieniowaniem słonecznym skorelowane są wartości temperatury powietrza. Uprzywilejowane termicznie są zbocza południowe; zbocza północne charakteryzują się natomiast niższą temperaturą niż tereny płaskie. Badania wykonane na terenie Suwalskiego Parku Krajobrazowego (w rejonie jeziora Udziejek) wykazały, że w godzinach południowych na zboczu południowym temperatura gruntu była wyższa niż na zboczu północnym nawet o 15°C. Z najbardziej kontrastowymi warunkami termicznymi należy liczyć się w dnach obniżen. W dzień często występuje tu temperatura najwyższa, a nocą - najniższa. Amplitudy dobowe temperatury są więc w obniżeniach terenu największe. Często obserwuje się tu inwersje temperatury powietrza (Błażejczyk, Grzybowski 1995).

Rzeźba terenu w istotny sposób modyfikuje kierunek i prędkość wiatru. Wiatry najsilniejsze obserwuje się w górnych partiach stoków dowietrznych i na rozległych wysoczyznach. Na zboczach odwietrznych oraz w dnach dolin i zagłębien są one mniejsze o około 2 m s<sup>-1</sup>. Wiatr wpływa w znacznym stopniu na wielkość ochładzającą powietrza. Jej wartości są wprost proporcjonalne do przedstawionych wyżej zmian prędkości wiatru. Stwierdzono, że dna dolin charakteryzują się większymi i częstszymi zmianami wielkości ochładzającej powietrza niż partie zboczowe i grzbietowe, a w związku z tym - większą bodźcowością warunków klimatycznych.

Szata roślinna. Standardowe pomiary meteorologiczne są prowadzone nad jednolitą powierzchnią trawiastą. W stosunku do tej powierzchni, na obszarach zadrzewionych, obserwuje się następujące odchylenia podstawowych elementów meteorologicznych:

- bezpośrednie promieniowanie słoneczne docierające do przygruntowej warstwy powietrza jest zmniejszone o około 50-90%,



- temperatura powietrza w ciągu dnia jest niższa o 2-5°C, mniejsze są też jej amplitudy dobowe i roczne,
- wilgotność względna powietrza jest wyższa o 5-10%,
- prędkość wiatru jest mniejsza o 40-90%,
- suma opadu pod koronami drzew zmniejsza się o około 50%,
- wielkość ochładzająca powietrza jest mniejsza o około 30-70%,
- temperatury odczuwalne są wyższe o 5-10°C.

Lasy i parki modyfikują również wymianę ciepła pomiędzy człowiekiem a otoczeniem. W dni ciepłe i słoneczne łagodzą one obciążenia układu termoregulacyjnego. W dniach chłodnych przebywanie w lasach może potęgować odczucie zimna, natomiast w dniach gorących mogą wystąpić poważne zakłócenia w oddawaniu ciepła do otoczenia oraz niebezpieczeństwo przegrzania organizmu (Błażejczyk 1993).

Rodzaj podłoża, to znaczy rodzaj gruntu i jego wilgotność, w sposób istotny modyfikuje rozkład takich elementów meteorologicznych jak temperatura i wilgotność powietrza. Obszary o małej wilgotności podłoża, piaszczyste i pylaste, bardzo silnie pochłaniają ciepło w ciągu dnia, nocą natomiast oddają je szybko do atmosfery. W związku z tym, na tych terenach, mogą występować duże kontrasty temperatury powietrza w ciągu doby, a wilgotność powietrza przybiera wartości stosunkowo niskie. Należy się również spodziewać dużych kontrastów dobowych temperatury odczuwalnej.

Na obszarach bardzo wilgotnych, z gruntami organicznymi i wodą podskórną lub powierzchniową następuje powolne nagrzewanie się podłoża w ciągu dnia i wychładzanie nocą. Amplitudy dobowe temperatury powietrza są tu niewielkie.

Oddzielnym problemem jest oddziaływanie na klimat sztucznych powierzchni w miastach (jezdnie, chodniki, płyty betonowe). Modyfikują one klimat podobnie jak grunty suche. Powierzchnie betonowe w znacznym stopniu odbijają promieniowanie słoneczne. Powoduje to, że obciążenie cieplne organizmu człowieka jest na tych obszarach większe niż na terenach wiejskich, a nawet w mniej zabudowanych częściach miasta.

Zagospodarowanie i użytkowanie terenu. Przez rodzaj zagospodarowania i użytkowania terenu należy rozumieć z jednej strony roślinność naturalną, z drugiej zaś - uprawy rolne i obszary silnie zurbanizowane.

W sposób specyficzny wyróżniają się strefy brzegowe morza i zbiorników wodnych. Bioklimat tych stref charakteryzuje się przede wszystkim dużą prędkością wiatru i znaczną wielkością ochładzającą powietrza oraz zwiększoną wilgotnością i obniżoną temperaturą powietrza (w porównaniu z obszarami w głębi lądu).

Uprawy rolne, zależnie od ich rodzaju i fazy rozwojowej, modyfikują temperaturę powietrza, jego wilgotność, prędkość wiatru oraz ilość promieniowania odbitego.

W obszarach zurbanizowanych obserwuje się duże kontrasty dobowe temperatury powietrza oraz zmienną, zależną od sieci ulic, prędkość wiatru. Wiatr wiejący prostopadle do osi ulic ulega znacznemu wytłumieniu (o około 90%), a wiejący równolegle - 2-3-krotnemu przyspieszeniu. Ilość promieniowania słonecznego docierającego do powierzchni gruntu w miastach jest zmienna, zależnie od wysokości i zwartości zabudowy. Dodatkowo obserwuje

się tu duże fizyczne i chemiczne zanieczyszczenie powietrza oraz znaczne natężenie poziomu dźwięku (nadmierny hałas).

Zagospodarowanie terenu silnie oddziałuje na bilans cieplny człowieka. Najmniejsze obciążenia cieplne człowieka są obserwowane na wyniesionych obszarach rolniczych. Na terenach zurbanizowanych, na skutek dużego zróżnicowania przestrzennego cech fizycznych terenu, obciążenia układu termoregulacyjnego są bardzo duże.

## 5.2. Przykłady zróżnicowania warunków bioklimatycznych w skali lokalnej

Jako przykład zróżnicowania warunków bioklimatycznych w skali lokalnej zamieszczono mapy biotopoklimatyczne części Suwalskiego Parku Krajobrazowego (ryc. 2) oraz nowego uzdrowiska Supraśl (ryc. 3). Do wydzielenia jednostek biotopoklimatycznych na badanych terenach zastosowano bilans cieplny człowieka, analizując zyski i straty ciepła, w celu określenia stopnia obciążenia cieplnego w różnych warunkach fizycznogeograficznych.

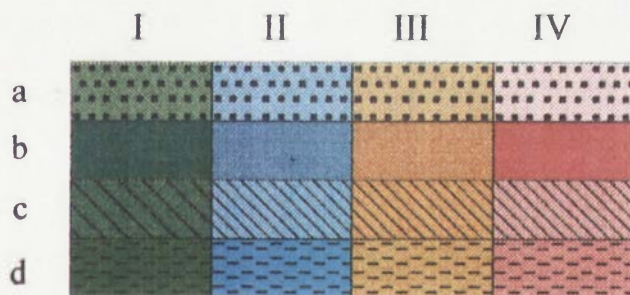
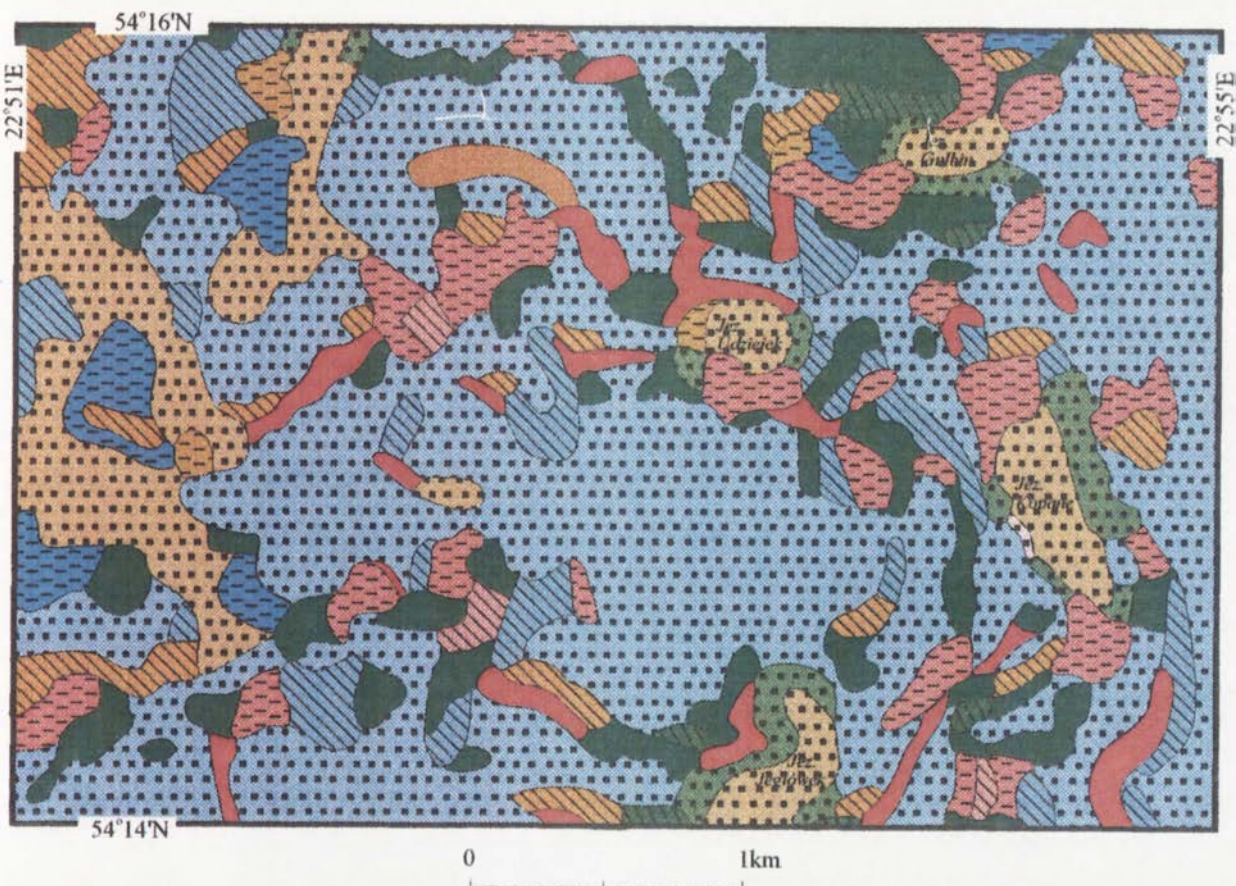
Pierwsza z tych map opiera się na szczegółowym zbadaniu struktury bilansu cieplnego człowieka. W zastosowanej tu klasyfikacji występują 4 grupy, a w każdej z nich 4 typy (łącznie więc 16 klas biotopoklimatu, tabela 26). Klasy te różnią się sposobem oddawania ciepła z organizmu człowieka do otoczenia oraz ilością pochłoniętego promieniowania słonecznego (z uwzględnieniem dominującego strumienia radiacji).

Na badanym obszarze Suwalskiego Parku Krajobrazowego przeważają biotopoklimaty konwekcyjne, to znaczy takie, w których następuje intensywne unoszenie ciepła jawnego (konwekcja). Jest to związane ze swobodnym przepływem powietrza na rozległych wysoczyznach. Biotopoklimaty ewaporacyjne (związane z intensywnym turbulencyjnym unoszeniem ciepła utajonego wraz z parującym potem) występują głównie na eksponowanych na południe, silnie nagrzewających się zboczach. Biotopoklimaty radiacyjne (tzn. takie, gdzie oddawanie ciepła do otoczenia odbywa się w znacznej mierze poprzez wypromieniowanie długofalowe z powierzchni ciała) obserwuje się przede wszystkim w dnach dolin i obniżeń, co jest związane ze słabym ruchem powietrza, niesprzyjającym intensywnemu unoszeniu ciepła.

Mapa typów bioklimatu Supraśla ma charakter mapy oceniającej i opiera się na analizie bodźcowości (określonej na podstawie salda wymiany ciepła), odczuwalności cieplnej oraz na ocenie ilości całkowitego promieniowania słonecznego dochodzącego do powierzchni badanego terenu. Uzupełnieniem klasyfikacji są informacje o wielkości dobowych wahań temperatury w przygruntowej warstwie powietrza. (Błażejczyk i inni 1995, Kozłowska-Szczęsna i in. 1995).

Ogólnie można stwierdzić, że na obszarze Supraśla występuje bioklimat o cechach łagodnie bodźcowych (na terenach poza leśnych) oraz bioklimat o cechach słabo bodźcowych (w obrębie lasów).





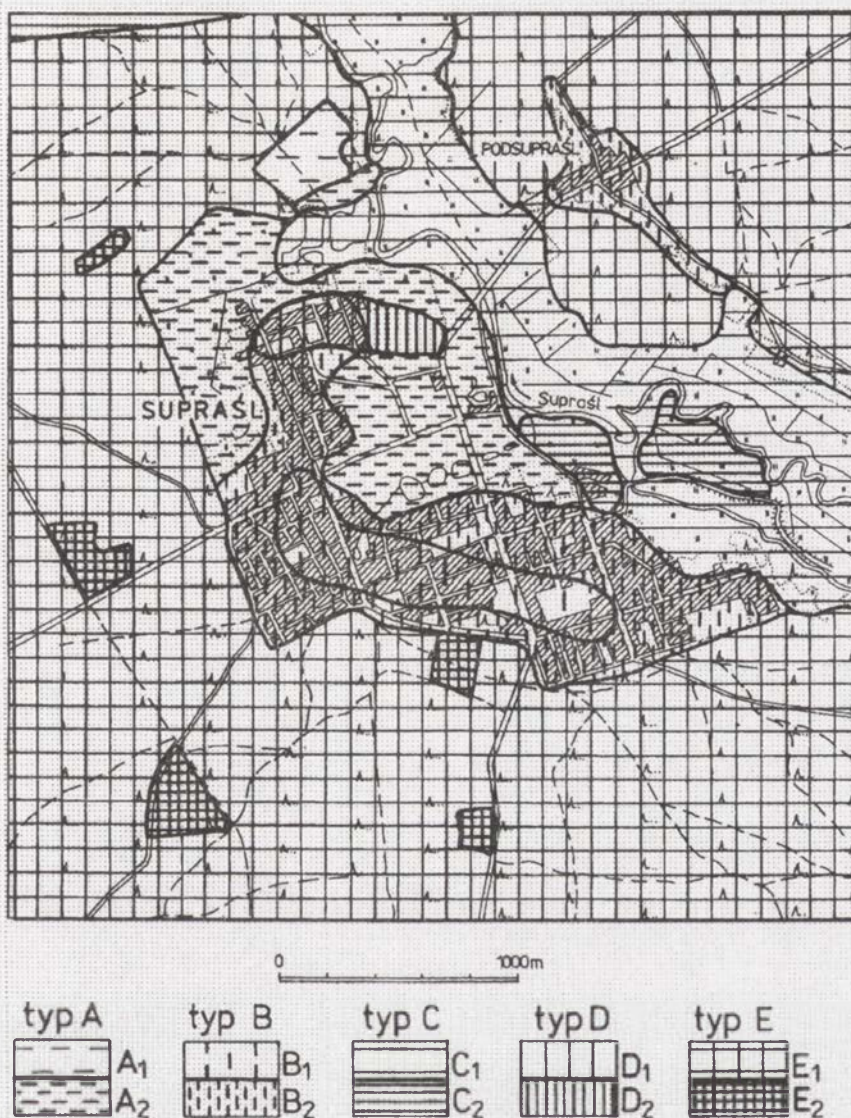
Ryc. 2. Jednostki biotopoklimatyczne na obszarze Suwałskiego Parku Krajobrazowego (Błażejczyk 1993)

I.a - ewaporacyjno-refleksowy, I.b - ewaporacyjno-insolacyjny, I.c - ewaporacyjno-dyfuzyjny, I.d - ewaporacyjny mieszany, II.a - konwekcyjno-refleksowy, II.b - konwekcyjno-insolacyjny, II.c - konwekcyjno-dyfuzyjny, II.d - konwekcyjny mieszany, III.a - radiacyjno-refleksowy, III.b - radiacyjno-insolacyjny, III.c - radiacyjno-dyfuzyjny, III.d - radiacyjny mieszany, IV.a - zmienny refleksowy, IV.b - zmienny insolacyjny, IV.c - zmienny dyfuzyjny, IV.d - zmienny mieszany

Biotopoclimatic units of Suwałki Landscape Park (Błażejczyk 1993)

I.a - evaporative-reflective, I.b - evaporative-insolative, I.c - evaporative-diffusive, I.d - evaporative-mixed, II.a - convective-reflective, II.b - convective-insolative, II.c - convective-diffusive, II.d - convective-mixed, III.a - radiative-reflective, III.b - radiative-insolative, III.c - radiative-diffusive, III.d - radiative-mixed, IV.a - variable reflective, IV.b - variable insolative, IV.c - variable diffusive, IV.d - variable mixed





Ryc. 3. Typy bioklimatu Supraśla (Kozłowska-Szczęсна i in. 1995)

A<sub>1</sub> - łagodnie bodźcowy, o przeciętnych warunkach klimatu odczuwalnego (WKO) i przeciętnym dopływie promieniowania słonecznego (DPS) oraz o umiarkowanych wahaniami dobowych temperatury powietrza (Ta), A<sub>2</sub> - łagodnie bodźcowy, o przeciętnych WKO i przeciętnym DPS oraz o dużych wahaniami Ta, B<sub>1</sub> - łagodnie bodźcowy, o umiarkowanie chłodnych WKO i przeciętnym DPS oraz o bardzo małych wahaniami Ta, B<sub>2</sub> - łagodnie bodźcowy, o umiarkowanie chłodnych WKO i przeciętnym DPS oraz o umiarkowanych wahaniami Ta, C<sub>1</sub> - łagodnie bodźcowy, o chłodnych WKO i przeciętnym DPS oraz o umiarkowanych wahaniami Ta, C<sub>2</sub> - łagodnie bodźcowy, o chłodnych WKO i przeciętnym DPS oraz o dużych wahaniami Ta, D<sub>1</sub> - łagodnie bodźcowy, o umiarkowanie chłodnych WKO i małym DPS oraz o umiarkowanych wahaniami Ta, D<sub>2</sub> - łagodnie bodźcowy, o umiarkowanie chłodnych WKO i małym DPS oraz o bardzo dużych wahaniami Ta, E<sub>1</sub> - słabo bodźcowy, o chłodnych WKO i bardzo małym DPS oraz o umiarkowanych wahaniami Ta, E<sub>2</sub> - słabo bodźcowy, o chłodnych WKO i bardzo małym DPS oraz o dużych wahaniami Ta

Types of bioclimate of Supraśl (Kozłowska-Szczęсна et al. 1995)

A<sub>1</sub> - mild, with moderate thermal conditions (TC), moderate solar radiation income (SRI) and moderate daily amplitude of air temperature (dTa), A<sub>2</sub> - mild, with moderate TC, moderate SRI and great dTa, B<sub>1</sub> - mild, with slightly cool TC, moderate SRI and very small dTa, B<sub>2</sub> - mild, with slightly cool TC, moderate SRI and moderate dTa, C<sub>1</sub> - mild, with cool TC, moderate STI and moderate dTa, C<sub>2</sub> - mild, with cool TC, moderate STI and great dTa, D<sub>1</sub> - mild, with slightly cool TC, small SRI and moderate dTa, D<sub>2</sub> - mild, with slightly cool TC, small SRI and very great dTa, E<sub>1</sub> - very mild, with cool TC, very small SRI and moderate dTa, E<sub>2</sub> - very mild, with cool TC, very small SRI and great dTa

Tabela 26. Klasyfikacja biotopoklimatów oparta na strukturze i wielkości bilansu cieplnego człowieka (wg: Błażejczyk 1990)  
 Classification of biotopoclimates based on the structure and the range of the human heat balance (by Błażejczyk 1990)

Typ biotopoklimatu (Type of biotopoclimate)	Grupy biotopoklimatów (Groups of biotopoclimates)			
	I - Ewaporacyjne (Evaporative) (50-80% ciepła jest tracona poprzez parowanie potu)	II - Konwekcyjne (Convective) (50-80% ciepła jest tracona poprzez unoszenie)	III - Radiacyjne (Radiative) (30-60% ciepła jest tracona poprzez wypromieniowanie długofalowe)	IV - Zmienny (Variable) (częste zmiany intensywności strumieni strat ciepła)
<b>a - Refleksywny</b> ( <b>Reflexive</b> ) ( $R$ osiąga $120 \text{ W m}^{-2}$ ; udział promieniowania odbitego przekracza 20%)	1.1. Biotopoklimat ewaporacyjno-refleksywny (evaporative-reflective)	2.1. Biotopoklimat konwekcyjno-refleksywny (convective-reflective)	3.1. Biotopoklimat radiacyjno-refleksywny (radiative-reflective)	4.1. Biotopoklimat zmienny refleksywny (variable reflective)
<b>b - Insolacyjny</b> ( <b>Insolative</b> ) ( $R$ osiąga $100 \text{ W m}^{-2}$ ; udział promieniowania bezpośredniego - 60-80%)	1.2. Biotopoklimat ewaporacyjno-insolacyjny (evaporative-insolative)	2.2. Biotopoklimat konwekcyjno-insolacyjny (convective-insolative)	3.2. Biotopoklimat radiacyjno-insolacyjny (radiative-insolative)	4.2. Biotopoklimat zmienny insolacyjny (variable insolative)
<b>c - Dyfuzyjny</b> ( <b>Diffusive</b> ) ( $R$ osiąga $30-60 \text{ W m}^{-2}$ ; udział promieniowania rozproszonego > 80%)	1.3. Biotopoklimat ewaporacyjno-dyfuzyjny (evaporative-diffusive)	2.3. Biotopoklimat konwekcyjno-dyfuzyjny (convective-diffusive)	3.3. Biotopoklimat radiacyjno-dyfuzyjny (radiative-diffusive)	4.3. Biotopoklimat zmienny dyfuzyjny (variable diffusive)
<b>d - Mieszany</b> ( <b>Mixed</b> ) ( $R$ zmienia się od 30 do $120 \text{ W m}^{-2}$ ; duże, przestrzenne wahania struktury $R$ )	1.4. Biotopoklimat ewaporacyjny mieszany (evaporative-mixed)	2.4. Biotopoklimat konwekcyjny mieszany (convective-mixed)	3.4. Biotopoklimat radiacyjny mieszany (radiative-mixed)	4.4. Biotopoklimat zmienny mieszany (variable mixed)



### 5.3. Zróźnicowanie biotopoklimatyczne w skali regionalnej

Podstawą wykonania przeglądowej mapy biotopoklimatycznej Polski północno-wschodniej była baza danych tworząca system informacji geograficznej tego obszaru (GIS). Stworzony system opiera się na mapie przeglądowej i mapach tematycznych w skali 1:300000. Informacje o poszczególnych składnikach środowiska geograficznego zostały przypisane do pól podstawowych o wielkości 3x3 km (jako granice opracowania przyjęto: granicę państwową na wschodzie i północy, koryto Bugu na południu oraz linię biegnącą wzdłuż południka 22° na zachodzie). Każde z 2589 pól podstawowych zawiera cyfrową informację o lokalnych cechach środowiska (rzeźba terenu, rodzaj podłoża, pokrycie terenu), które wpływają w sposób modyfikujący na wartości podstawowych elementów meteorologicznych, tzn. temperatury powietrza, prędkości wiatru i całkowitego promieniowania słonecznego.

Ogólny schemat i kolejne kroki postępowania przy wykonywaniu wynikowej mapy biotopoklimatycznej i mapy bioklimatycznej oceny terenu przedstawia rycina 4. W celu uzyskania map cyfrowych rzeźby i pokrycia terenu oraz rodzaju podłoża (ryc. 5-7) - stanowiących podstawowe warstwy tematyczne - zdigitalizowano mapy opublikowane w *Atlasie Województwa Białostockiego* (1968), uzupełnione w pewnych fragmentach informacjami uzyskanymi z innych map źródłowych (topograficzna i geologiczna). Kolejne etapy postępowania przedstawiają się następująco.

I - wykonanie podstawowych map topoklimatycznych, na które składają się mapy względnych wartości:

- całkowitego promieniowania słonecznego,
- temperatury powietrza
- prędkości wiatru,

a także mapy występowania specyficznych (z bioklimatycznego punktu widzenia), lokalnych cech przygruntowej warstwy powietrza: inwersji temperatury powietrza, mgieł radiacyjnych i zanieczyszczenia powietrza oraz zawartości w nim fitoncydów.

II - wykonanie podstawowych map biotopoklimatycznych, na które składają się mapy:

- pochłoniętego promieniowania słonecznego,
- salda wymiany ciepła
- obciążeń cieplnych organizmu

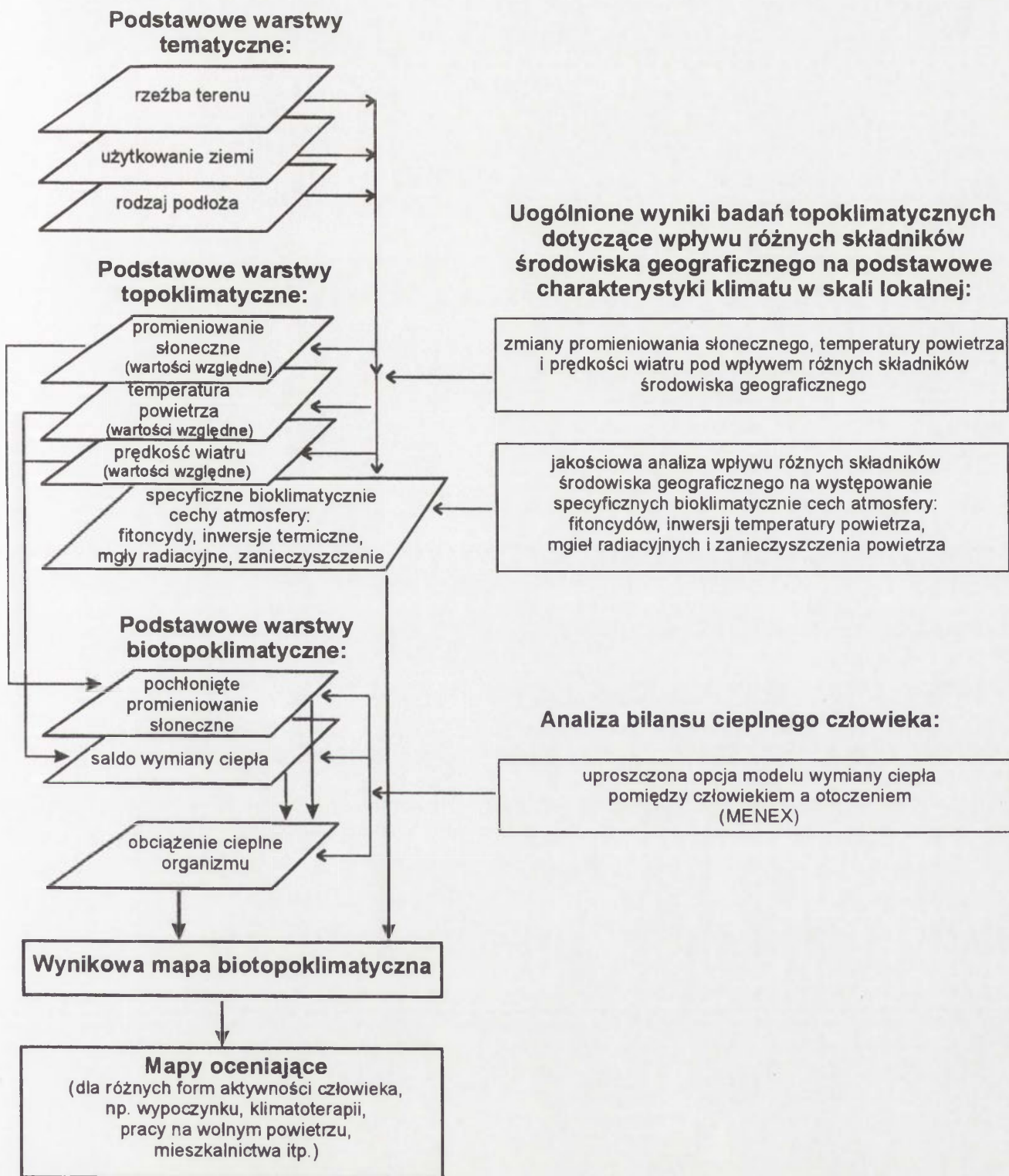
(na tym etapie posłużono się modelem wymiany ciepła pomiędzy człowiekiem a otoczeniem MENEX).

III - wykonanie wynikowej mapy biotopoklimatycznej, zawierającej informacje o bilansie cieplnym człowieka oraz o występowaniu specyficznych cech przygruntowej warstwy powietrza.

IV - wykonanie mapy bioklimatycznej oceny terenu na potrzeby rekreacji.

Analizując za pomocą programu IDRISI występowanie w danym polu podstawowym cech powodujących zmianę elementów meteorologicznych (w stosunku do wartości





Ryc. 4. Schemat utworzonego dla Polski Północno-wschodniej Systemu Informacji Geograficznej  
Scheme of Geographical Information System of North-Eastern Poland



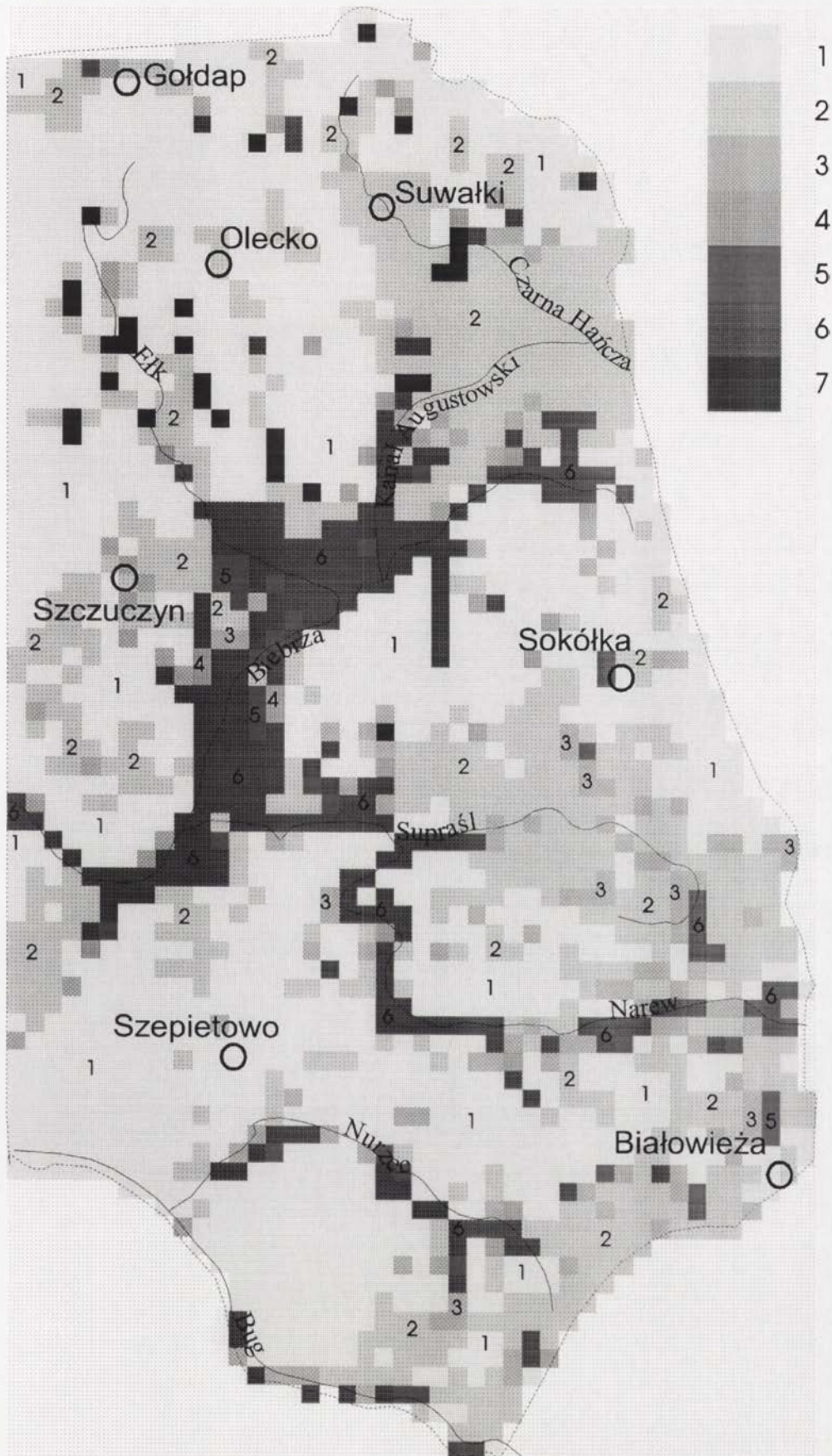
Ryc. 5. Mapa cyfrowa rzeźby terenu (Błażejczyk 1998)

1 - równiny morenowe, 2 - wysoczyzny pagórkowate, 3 - równiny sandrowe, 4 - doliny, 5 - jeziora

Digital map of relief (Błażejczyk 1998)

1 - postglacial lowlands, 2 - postglacial hill uplands, 3 - sandr lowlands, 4 - valleys, 5 - lakes





Ryc. 6. Mapa cyfrowa rodzaju podłoża (Błażejczyk 1998)

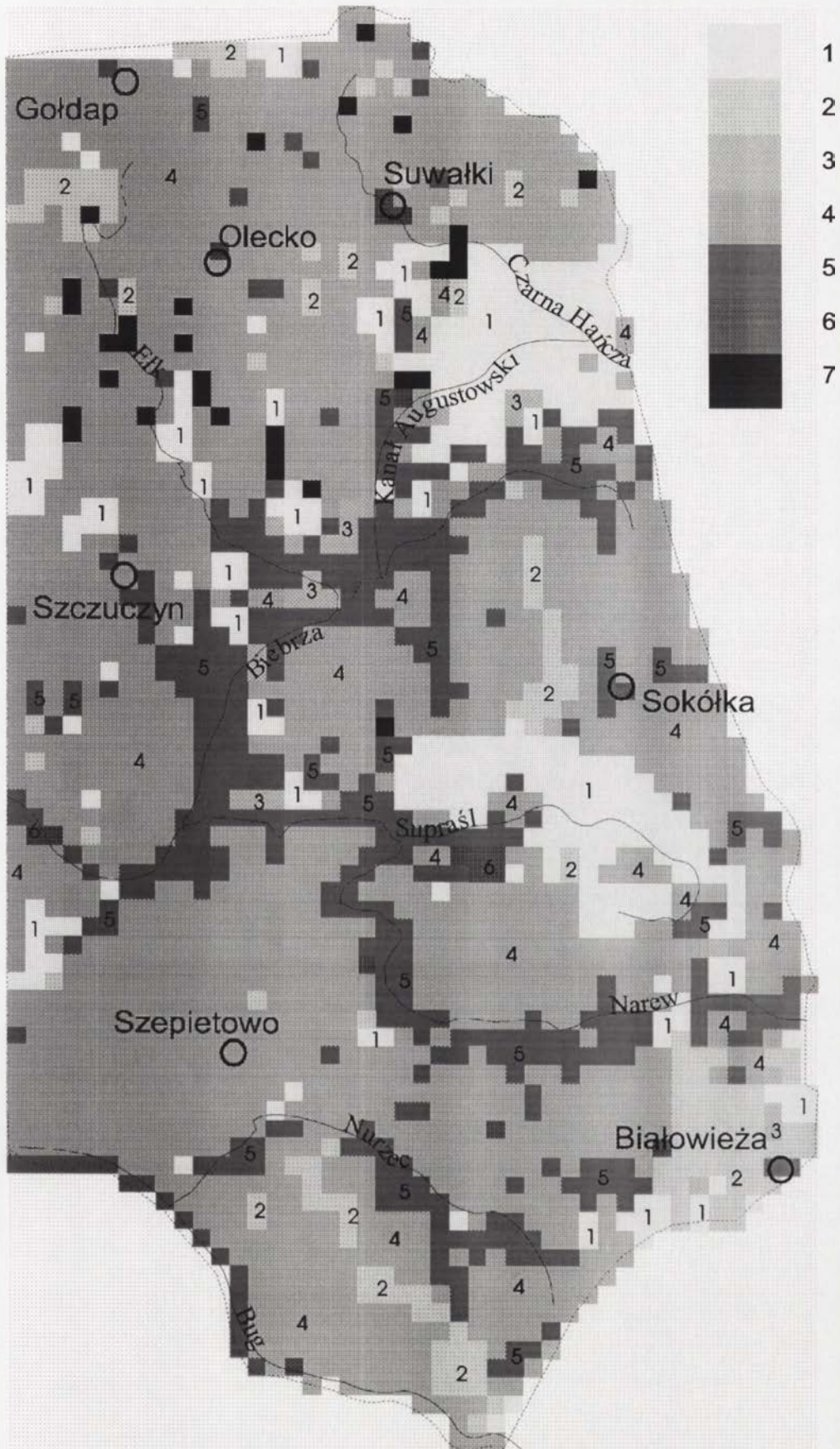
1 - suche gliny, 2 - suche piaski, 3 - przesuszone mady, 4 - wilgotne gliny, 5 - podmokłe piaski,  
6 - podmokłe mady, 7 - jeziora

Digital map of soils (Błażejczyk 1998)

1 - dry clays, 2 - dry sands, 3 - dry aluvials, 4 - wet clays, 5 - wet sands, 6 - wet aluvials, 7 - lakes

<http://rcin.org.pl>





Ryc. 7. Mapa cyfrowa pokrycia terenu (Błażejczyk 1998)

1 - bory, 2 - lasy mieszane, 3 - lasy podmokłe, 4 - pola uprawne, 5 - łąki,  
6 - obszary zabudowane, 7 - jeziora

Digital map of land use (Błażejczyk 1998)

1 - coniferous forests, 2 - mixed forests, 3 - wet forests, 4 - rural areas, 5 - meadows,  
6 - urbanised areas, 7 - lakes

notowanych na sieci standardowych stacji meteorologicznych) wykonano mapy rozkładu względnych wartości prędkości wiatru, temperatury powietrza i całkowitego promieniowania słonecznego. Określając stopień modyfikacji wartości tych elementów meteorologicznych przez lokalne cechy środowiska geograficznego oparto się na informacjach podanych w rozdziale 5.1 oraz na wynikach własnych badań terenowych, prowadzonych na obszarze Polski północno-wschodniej. Przyjęto następujące współczynniki – zmian temperatury powietrza (zt), prędkości wiatru (zv) oraz całkowitego promieniowania słonecznego (zr) dla poszczególnych elementów środowiska geograficznego:

- rzeźba terenu:

równiny morenowe: zt, zv i zr = 1,00,  
 wysoczyzny pagórkowate: zt = 0,95, zv i zr = 1,00,  
 równiny sandrowe: zt, zv i zr = 1,00,  
 doliny: zt i zv = 0,95, zr = 1,00,

- pokrycie terenu:

bory: zt = 0,9, zv = 0,2, zr = 0,3,  
 lasy mieszane: zt = 0,8, zv = 0,3, zr = 0,4,  
 lasy podmokłe: zt = 0,75, zv = 0,2, zr = 0,3,  
 pola uprawne: zt, zv i zr = 1,0,  
 łąki: zt = 0,95, zv = 1,0, zr = 1,1,  
 obszary zabudowane: zt = 1,25, zv = 0,6, zr = 0,8,  
 jeziora: zt = 0,85, zv = 1,2, zr = 1,2,

- rodzaj podłoża:

suche gliny i suche mady:- zt, zv i zr = 1,0,  
 suche piaski:- zt = 1,1, zv i zr = 1,0,  
 wilgotne gliny i wilgotne piaski:- zt = 0,95, zv i zr = 1,0,  
 podmokłe mady:- zt = 0,9, zr i zv = 1,0.

Wykonując mapy względnych wartości temperatury powietrza, prędkości wiatru i całkowitego promieniowania słonecznego dokonano najpierw reklasyfikacji wyróżnionych elementów środowiska geograficznego na wartości zt, zv i zr. Następnie, dla każdego piksela obliczono średnie wartości współczynników zmian temperatury powietrza, prędkości wiatru i całkowitego promieniowania słonecznego, równoznaczne z względnymi wartościami tych elementów meteorologicznych (ryc. 8-10).

Informacje cyfrowe o rozkładzie temperatury powietrza i prędkości wiatru stały się podstawą wykonania mapy salda wymiany ciepła pomiędzy człowiekiem a otoczeniem (ryc. 11). Wykorzystano w tym celu model MENEX (Błażejczyk 1993). Obliczenia wykonano dla okresu letniego - dla zachmurzenia małego i umiarkowanego - (przyjmując, że w warunkach standardowych na stacjach meteorologicznych temperatura powietrza wynosi 20°C, a prędkość wiatru - 4 m s<sup>-1</sup>). Obliczenia dotyczą człowieka stojącego, ubranego w odzież o termoizolacyjności 1 clo (koszula z długim rękawem, spodnie lub długa spódnica, marynarka, żakiet lub sweter oraz skarpety i półbuty).



Na wynikowej mapie biotopoklimatycznej Polski północno-wschodniej wydzielono 4 typy i 17 klas biotopoklimatu (ryc. 12). Typy biotopoklimatu scharakteryzowane są podstawowymi składnikami wymiany ciepła pomiędzy człowiekiem a otoczeniem (tab. 26), w szczególności zaś strukturą bilansu cieplnego i saldem wymiany ciepła (Błażejczyk 1990; Kozłowska-Szczęsna i in. 1997). Na badanym terenie zostały wydzielone jedynie cztery z szesnastu możliwych typów biotopoklimatu, a mianowicie:

- **ewaporacyjno-insolacyjny (1.2.)**, w którym w stratach ciepła przeważa unoszenie ciepła utajonego w procesie parowania potu; ilość pochłoniętego promieniowania słonecznego osiąga latem  $100 \text{ W m}^{-2}$ ; saldo wymiany ciepła w okresie letnim odznacza się niewielką nadwyżką jego zysków nad oddawaniem do otoczenia; podczas dni z wysoką temperaturą powietrza należy się liczyć z bardzo uciążliwymi warunkami biotermicznymi;

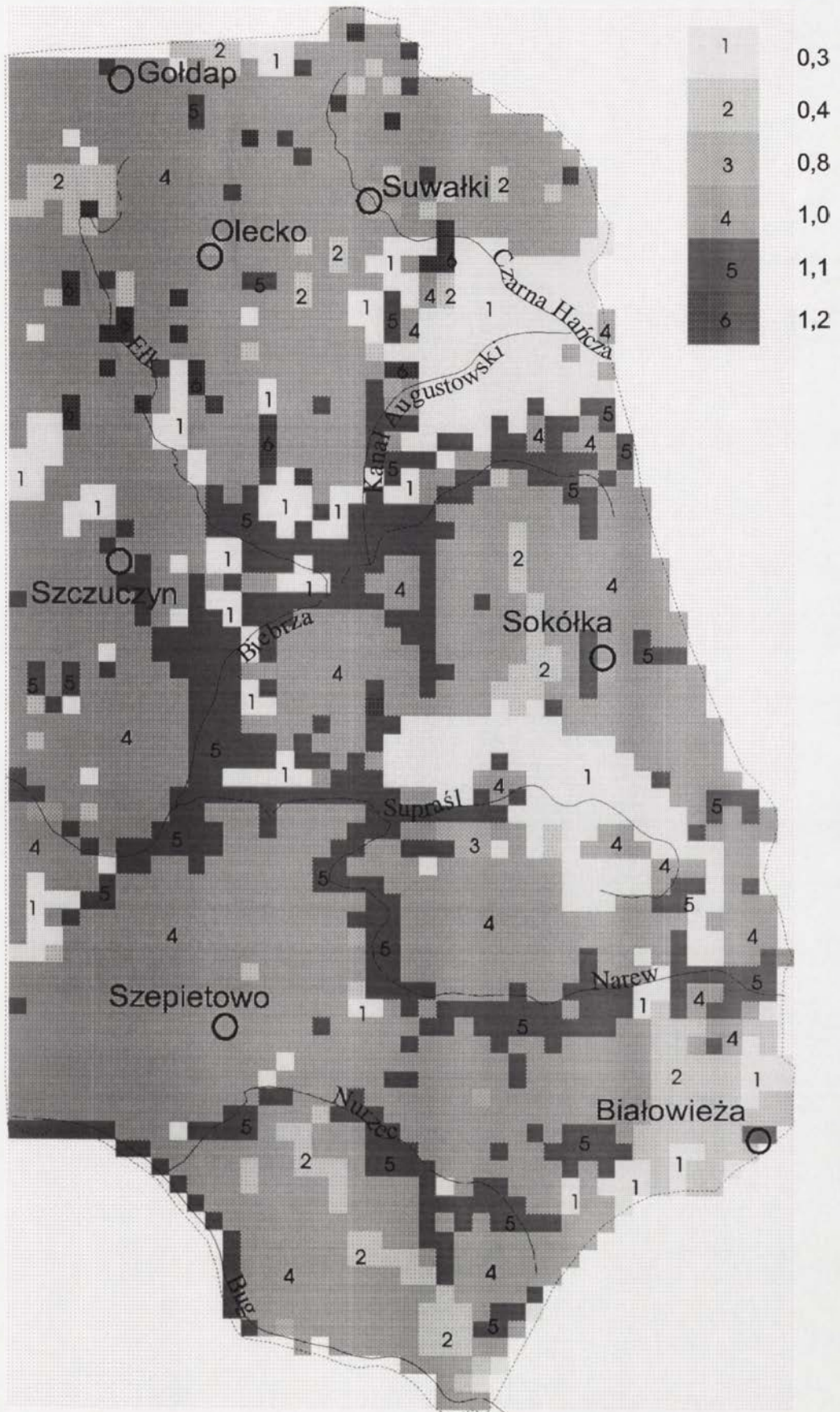
- **konwekcyjno-refleksowy (2.1.)**, w którym w stratach ciepła przeważa intensywne unoszenie ciepła jawnego (konwekcja); ilość pochłoniętego promieniowania słonecznego osiąga latem  $120 \text{ W m}^{-2}$  i jest nieco zwiększona - w stosunku do terenów otwartych - poprzez znaczne promieniowanie odbite od podłoża; saldo wymiany ciepła w okresie letnim odznacza się niewielką nadwyżką jego strat z organizmu nad zyskami; w dniach z dużą prędkością wiatru warunki biotermiczne mogą być odczuwane jako „chłodno” lub „zimno”;

- **konwekcyjno-insolacyjny (2.2.)**, w którym w stratach ciepła przeważa intensywne unoszenie ciepła jawnego (konwekcja); ilość pochłoniętego promieniowania słonecznego osiąga latem  $100 \text{ W m}^{-2}$ ; saldo wymiany ciepła w okresie letnim jest zbliżone do warunków termoneutralnych; to znaczy takich, w których zyski i straty ciepła są zrównoważone W dniach z dużą prędkością wiatru warunki biotermiczne mogą być odczuwane jako „zimno”;

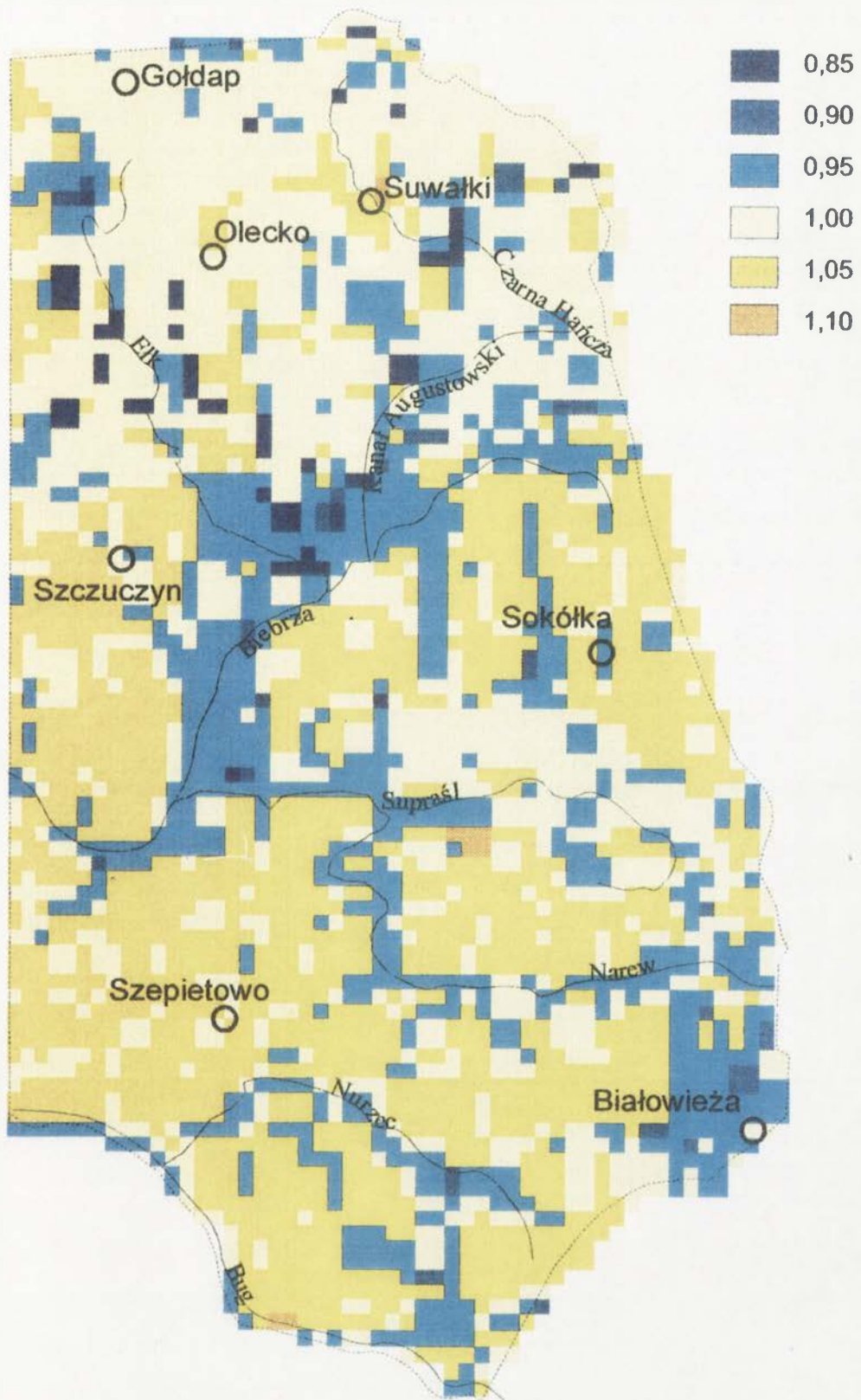
- **radiacyjno-dyfuzyjny (3.3.)**, w którym w stratach ciepła przeważają: długofalowe wypromieniowanie ciepła z powierzchni ciała oraz jego unoszenie (konwekcja); ilość pochłoniętego promieniowania słonecznego wynosi zaledwie  $30\text{-}60 \text{ W m}^{-2}$ , a dominuje w nim promieniowanie rozproszone; saldo wymiany ciepła w okresie letnim jest zbliżone do warunków termoneutralnych, jedynie przy niskiej temperaturze powietrza może być na tych obszarach odczuwane uczucie chłodu.

Klasy biotopoklimatu wydzielono analizując występowanie w każdym z pól podstawowych tych cech środowiska atmosferycznego, które oddziałują na organizm człowieka w sposób pozytywny lub też w sposób obciążający. Cechy te określono jako lokalne, specyficzne cechy przygruntowej warstwy powietrza. Są to: znaczna zawartość w powietrzu lotnych substancji eterycznych wydzielanych przez rośliny (tzw. fitoncydów), częste występowanie przygruntowych inwersji temperatury, częste występowanie przygruntowych mgieł radiacyjnych, znaczne zanieczyszczenie powietrza. Tabela 27 zawiera opis występowania lokalnych cech bioklimatu w poszczególnych typach biotopoklimatu. W zapisie cyfrowym klas biotopoklimatu poszczególnym pozycjom odpowiada występowanie (1) lub brak (0) danej cechy bioklimatu (według kolejności zamieszczonej w tabeli). Symbol klasy biotopoklimatu znajduje się w indeksie dolnym symbolu oznaczającego jego typ. I tak, na przykład zapis 2.1.0.0.0.0. oznacza typ 2.1. biotopoklimatu, w którym nie występuje żadna lokalna jego cecha, zapis 1.2.0.0.0.1. - typ 1.2., w którym występuje znaczne zanieczyszczenie



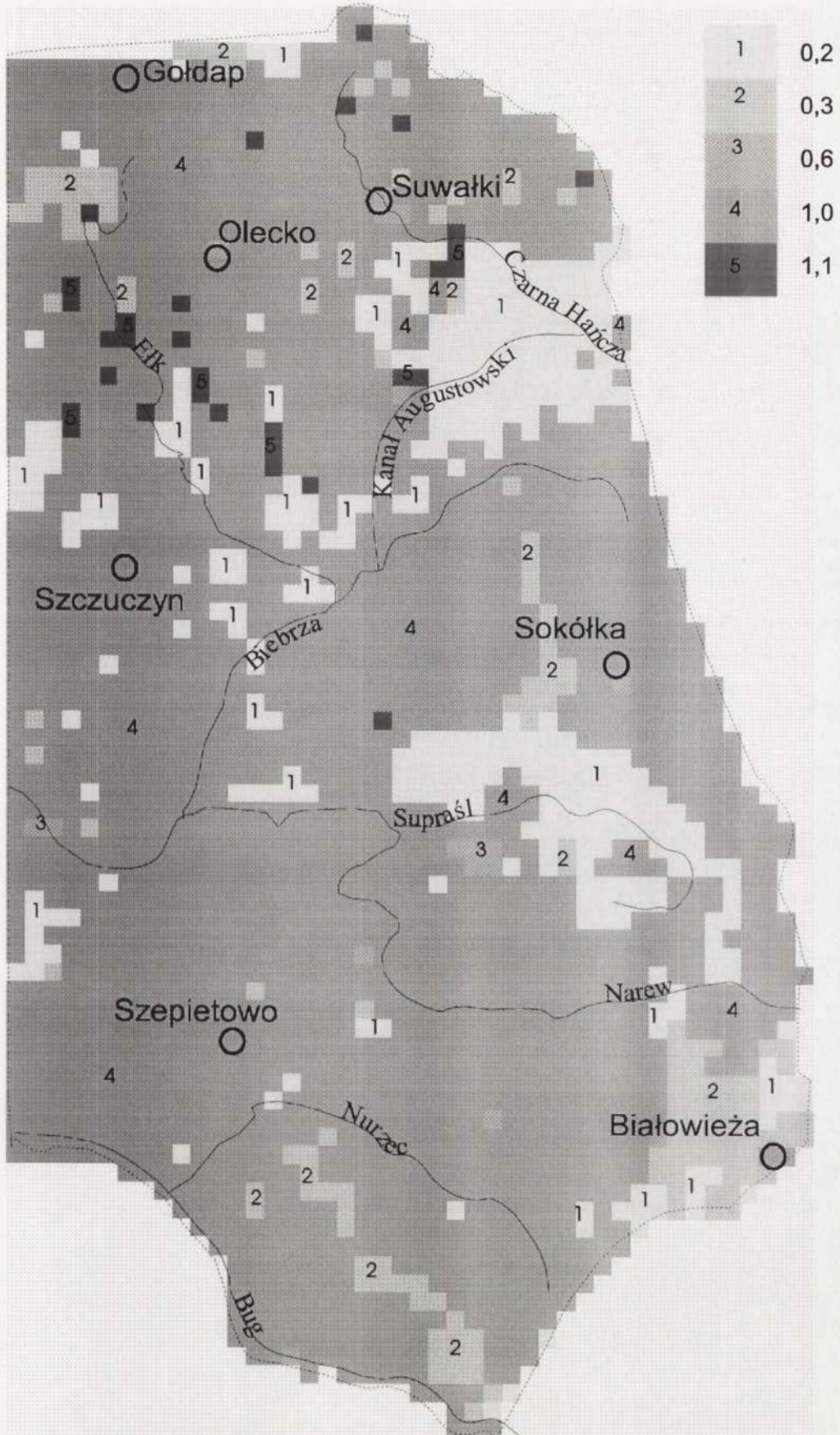


Ryc. 8. Mapa cyfrowa względnych wartości całkowitego promieniowania słonecznego (Błażejczyk 1998)  
 Digital map of the relative values of global solar radiation (Błażejczyk 1998)



Ryc. 9. Mapa cyfrowa względnych wartości temperatury powietrza (Błażejczyk 1998)  
 Digital map of the relative values of air temperature (Błażejczyk 1998)





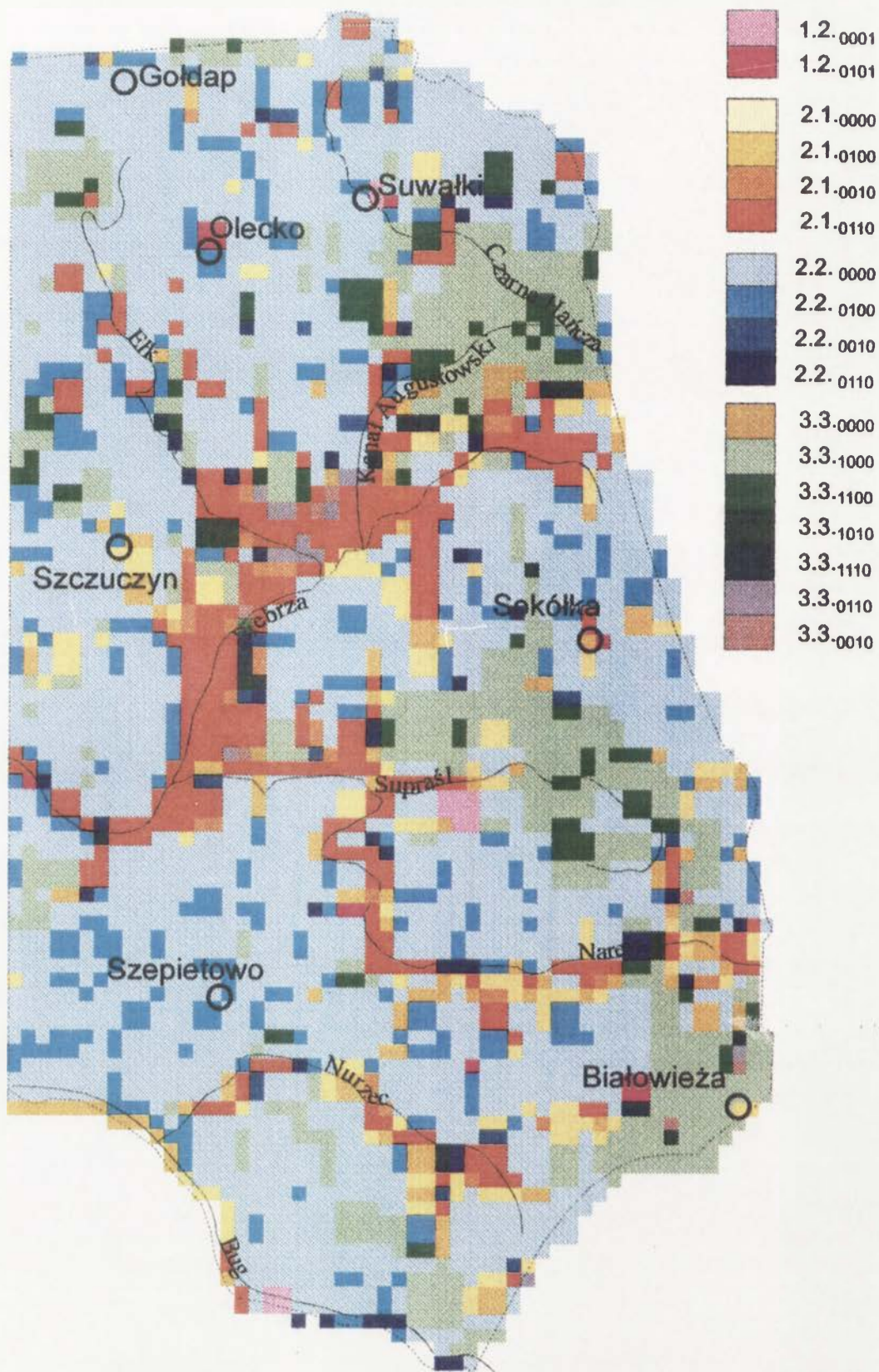
Ryc. 10. Mapa cyfrowa względnych wartości prędkości wiatru (Błażejczyk 1998)  
 Digital map of the relative values of wind speed (Błażejczyk 1998)





Ryc. 11. Mapa cyfrowa salda wymiany ciepła pomiędzy człowiekiem a otoczeniem przy temperaturze około 20°, prędkości wiatru około 4 m/s oraz zachmurzeniu małym i umiarkowanym (Błażejczyk 1998)  
 Digital map of net heat storage at air temperature of about 20°C, wind speed - 4 m/s as well as small and moderate cloudiness (Błażejczyk 1998)





Ryc. 12. Cyfrowa mapa biotopoklimatyczna Polski północno-wschodniej (Błażejczyk 1998); objaśnienia w tekście oraz tabeli 27

Digital biotopoclimatic map of North-Eastern Poland (Błażejczyk 1998); explanations in the text and in table 27

powietrza, zapis 3.3.01.1.0 - typ 3.3., w którym występują częste inwersje temperatury i przygruntowe mgły radiacyjne, itp.

Tabela 27. Występowanie lokalnych, specyficznych cech przygruntowej warstwy powietrza w poszczególnych typach i klasach biotopoklimatu w Polsce północno-wschodniej

Typ biotopoklimatu	Klasa biotopoklimatu	Lokalne cechy bioklimatu			
		fitoncydy	inwersje temperatury	mgły	zanieczyszczenie powietrza
1.2.	0.0.0.1.				x
	0.1.0.1.		x		x
2.1.	0.0.0.0.				
	0.1.0.0.		x		
	0.0.1.0.			x	
	0.1.1.0.		x	x	
2.2.	0.0.0.0.				
	0.1.0.0.		x		
	0.0.1.0.			x	
	0.1.1.0.		x	x	
3.3.	0.0.0.0.				
	1.0.0.0.	x			
	1.1.0.0.	x	x		
	1.0.1.0.	x		x	
	1.1.1.0.	x	x	x	
	0.1.1.0.		x	x	
	0.0.1.0.			x	

Wynikowa mapa biotopoklimatyczna nawiązuje rozkładem swoich głównych jednostek do przedstawionego na początku tej części opracowania zróżnicowania krajobrazów naturalnych Polski północno-wschodniej. Rozległe obszary rolnicze, położone zarówno na równinach morenowych jak i na pagórkowatych wysoczyznach morenowych, charakteryzują się występowaniem biotopoklimatów konwekcyjno-insolacyjnych. W części północnej badanego terenu obserwuje się jednak znaczne zróżnicowanie przestrzenne zarówno typów jak i klas biotopoklimatu, co jest związane z pagórkowatym charakterem tamtejszego krajobrazu (Błażejczyk i Grzybowski 1993, 1994, 1995; porównaj ryc. 5). W tej części Pojezierza Mazurskiego spotyka się różnie eksponowane zbocza, wyniosłe pagóry i głębokie doliny oraz zagłębienia - często podmokłe lub wypełnione jeziorami - a także małe lasy i skupiska drzew. Powoduje to, że mimo przewagi biotopoklimatów konwekcyjno-insolacyjnych, spotyka się tam także inne jego rodzaje, a także lokalne występowanie mgieł, inwersje temperatury powietrza oraz fitoncydy. Daje to rzadko spotykaną w nizinnej części Polski mozaikę biotopoklimatów, w których każdy człowiek - bez względu na wiek, kondycję i stan zdrowia - znajdzie tereny, które będą najlepiej służyły odpoczynkowi i odnowie organizmu. Panują tu także sprzyjające warunki do hartowania organizmu, poprzez możliwość przebywania w terenie o różnych cechach termiczno-wilgotnościowych.



W środkowej części badanego obszaru, wzdłuż szerokich dolin Narwi i Biebrzy, dominują biotopoklimaty konwekcyjno-refleksowe. Zwiększona w stosunku do terenów rolniczych ilość dochodzącego do człowieka promieniowania słonecznego jest związana z dużym albedo podłoża, które stanowią wilgotne łąki (Grzybowski 1991). Są to jednak w większości tereny, na których występują częste inwersje temperatury powietrza i mgły radiacyjne. Przebywanie w terenie o takich cechach termiczno-wilgotnościowych wymaga sprawnego układu termoregulacyjnego

We wschodniej części badanego terenu występują dość rozległe obszary leśne, w obrębie których przeważają biotopoklimaty radiacyjno-dyfuzyjne. Charakteryzują się one małym dopływem do organizmu promieniowania słonecznego, i jednocześnie małymi stratami ciepła, wśród których dominuje promieniowanie długofalowe. Dodatkowymi cechami bioklimatycznymi tych obszarów są małe wahania dobowe odczuwalnych warunków termiczno-wilgotnościowych oraz występowanie w powietrzu fitoncydów, substancji o działaniu bakteriobójczym i leczniczym. Powoduje to, że tereny te charakteryzują się oszczędzającymi cechami bioklimatu i są szczególnie przydatne dla dzieci i osób starszych.

W obrębie większych skupisk miejskich (np. Białystok, Suwałki, Olecko, Sokółka) przeważają typowe dla obszarów zurbanizowanych biotopoklimaty ewaporacyjno-insolacyjne. Warunki termiczno-wilgotnościowe mają cechy obciążające, a to na skutek intensywnej pracy układu termoregulacyjnego, dostosowującego wymianę ciepła pomiędzy człowiekiem a otoczeniem do dużych i często zmieniających się warunków termicznych. Dodatkowymi czynnikami stresogennymi są: zanieczyszczenie powietrza oraz hałas.

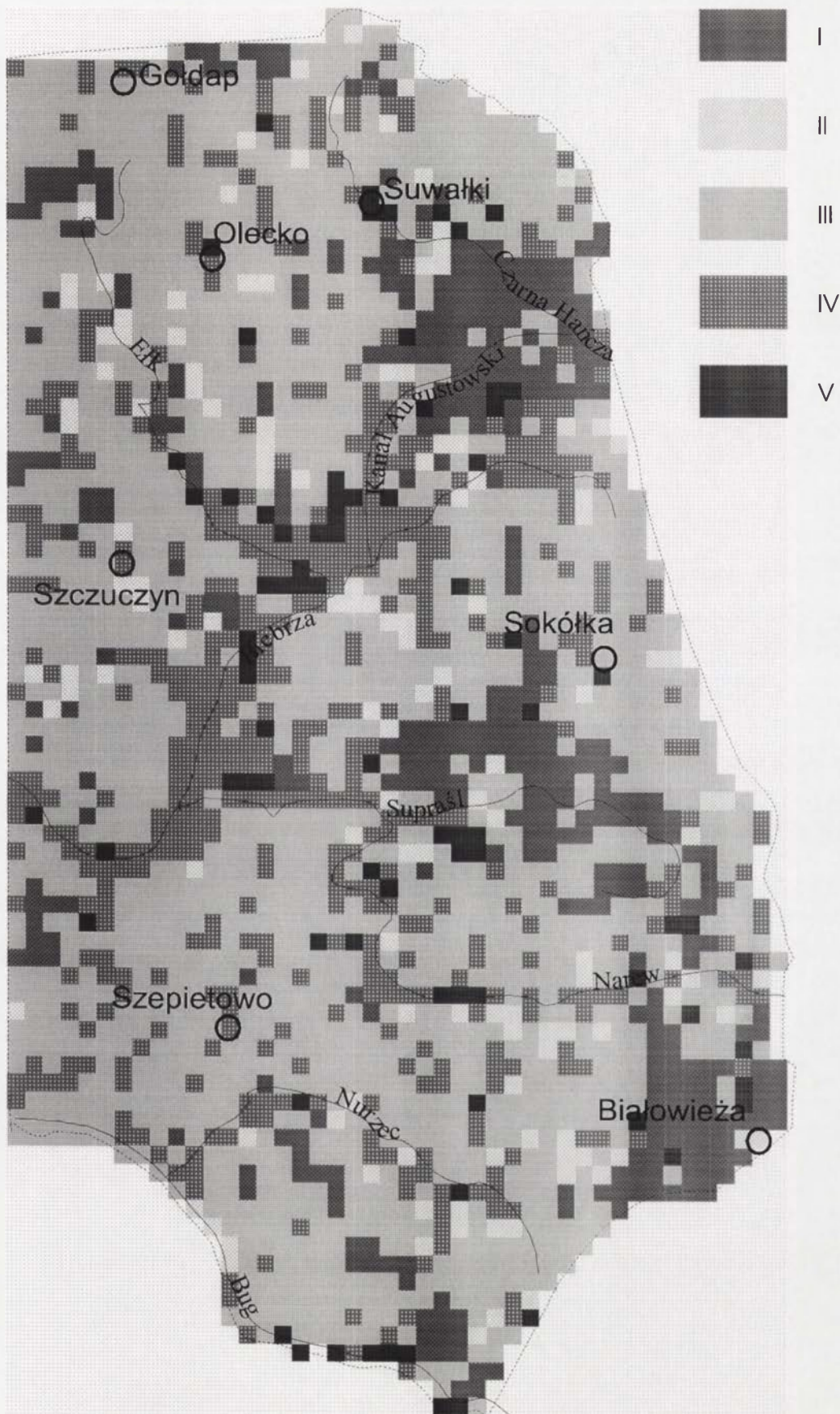
#### **5.4. Ocena bioklimatyczna terenu na potrzeby rekreacji**

Szczegółowa analiza warunków biotopoklimatycznych pozwala na dokonanie oceny przydatności poszczególnych części badanego terenu na potrzeby rekreacji. Analiza map cyfrowych różnych składników środowiska geograficznego oraz wynikowej mapy biotopoklimatycznej pozwoliła na wydzielenie pięciu klas bonitacyjnych terenu:

- I - tereny bardzo przydatne do wszystkich form rekreacji,
- II - tereny przydatne do większości form rekreacji,
- III - tereny umiarkowanie przydatne do wybranych form rekreacji,
- IV - tereny mało przydatne do rekreacji,
- V - tereny nieprzydatne do rekreacji.

Rozmieszczenie tych klas terenu na badanym obszarze ilustruje rycina 13.

Tereny bardzo przydatne do wszystkich form klimatoterapii charakteryzują się oszczędzającymi warunkami biotermicznymi, niewielkimi zyskami i stratami ciepła z organizmu oraz małymi fluktuacjami czasowymi składników bilansu cieplnego człowieka. Są one w małym stopniu narażone na inwersje temperatury powietrza i występowanie mgieł radiacyjnych, a w powietrzu obserwuje się znaczne ilości lotnych substancji eterycznych (fitoncydów), które działają bakteriobójczo i łagodząco w schorzeniach górnych dróg



Ryc. 13. Bioklimatyczna ocena terenu na potrzeby rekreacji:

I - bardzo przydatne, II - przydatne, III - umiarkowanie przydatne, IV - mało przydatne, V - nieprzydatne

Bioclimatic evaluation for the needs of recreation:

I - very favourable, II - favourable, III - moderately favourable, IV - less favourable, V - unfavourable



oddechowych. Tereny bardzo przydatne obejmują w przeważającej części bory i bory mieszane porastające równiny sandrowe i wysoczyzny morenowe.

Tereny przydatne do prowadzenia różnych form klimatoterapii odznaczają się dość dużą - ale zrównoważoną - wymianą ciepła pomiędzy człowiekiem a otoczeniem oraz rzadkim występowaniem mgieł radiacyjnych i inwersji temperatury powietrza. Są to obszary wyniesione ponad dna dolin, o suchym - najczęściej piaszczystym - podłożu.

W grupie tej znalazły się także tereny o hartujących cechach bioklimatu, charakteryzujących się intensywną wymianą ciepła z otoczeniem oraz znacznymi wahaniami okresowymi bilansu cieplnego człowieka (toteż przebywanie tam dzieci i osób starszych winno być ograniczone czasowo). Tereny te w dość dużym stopniu są narażone na występowanie inwersji temperatury powietrza i mgieł radiacyjnych. Obejmują obszary położone wokół mis jeziornych.

Tereny umiarkowanie korzystne do rekreacji wyróżniają się zrównoważonym bilansem cieplnym człowieka przy jednoczesnym, dość dużym prawdopodobieństwie występowania mgieł radiacyjnych bądź inwersji temperatury powietrza. Z tego też względu przebywanie tam w godzinach porannych, wieczornych i nocnych może być uciążliwe dla człowieka. Są to głównie tereny upraw rolniczych na równinach i pagórkowatych wysoczyznach polodowcowych.

Tereny mało przydatne do rekreacji charakteryzują się niezrównoważoną wymianą ciepła pomiędzy człowiekiem a otoczeniem. Oznacza to, że w krótkich przedziałach czasowych mogą wystąpić znaczne nadwyżki lub straty ciepła. Dodatkowym obciążeniem organizmu są tutaj częste inwersje temperatury powietrza oraz mgły radiacyjne. Aktywne formy rekreacji mogą tam być uprawiane jedynie w czasie dnia. Są to przede wszystkim obszary położone w dnach wilgotnych dolin porośniętych łąkami.

Tereny nieprzydatne do rekreacji odznaczają się dużym obciążeniem termicznym - wymagającym bardzo sprawnego układu termoregulacyjnego człowieka - przy jednoczesnym zwiększonym zanieczyszczeniu powietrza. Są to obszary miejskie głównie Białegostoku, Suwałk, Ełku i Olecka.

W grupie tej znajdują się także tereny charakteryzujące się niezrównoważoną wymianą ciepła pomiędzy człowiekiem a otoczeniem oraz dużym narażeniem na bardzo częste pojawianie się inwersji temperatury powietrza i długo utrzymujących się mgieł radiacyjnych. Są to obszary położone w podmokłych odcinkach den dolinnych.

Ogólnie biorąc można stwierdzić, że na badanym obszarze zdecydowanie dominują tereny umiarkowanie przydatne do rekreacji (58,3% całego obszaru). Tereny przydatne i bardzo przydatne stanowią odpowiednio: 5,1% i 14,7%. Mało przydatnych do rekreacji terenów jest w Polsce północno-wschodniej niewiele - 18,7%, a terenów nieprzydatnych - jedynie 3,2%.

## 6. PODSUMOWANIE

Polska północno-wschodnia ma unikatowe w skali europejskiej, walory krajobrazowe i zasoby środowiska przyrodniczego. Zaliczają się do nich: urozmaicona rzeźba terenu, korzystny klimat, zasoby leśne oraz 4 parki narodowe (Białowiecki, Biebrzański, Narwiański i Wigierski,) i 2 parki krajobrazowe (Puszczy Knyszyńskiej i Suwalski). Bogate są także zasoby wodne (w tym jeziora: Hańcza, Wigry, Sajno, Selmęt, Białe, Rajgrodzkie). Takie zasoby przyrodnicze umożliwiają rozwój wielu form turystyki i wypoczynku. Funkcje te mogą być także czynnikiem rozwoju gospodarczego Polski północno-wschodniej.

Jak wykazano (rozdział 3 i 4), badany region, mimo iż zaliczany jest do najchłodniejszych w kraju (poza górami), spełnia pod względem klimatycznym i bioklimatycznym, warunki niezbędne do odnowy sił człowieka. Trzeba tu także zauważyć, że około 80% terenu zaliczyć można do przydatnych lub umiarkowanie przydatnych do rekreacji (rozdział 5). Pomimo iż warunki aerosanitarnie są korzystne, pewnym zagrożeniem dla stanu czystości powietrza mogą być rozproszone systemy grzewcze (w chłodnym okresie roku), a także rosnący ruch samochodowy, związany z ożywioną współpracą transgraniczną. Także projektowana budowa trasy transeuropejskiej *Via Baltica* z Warszawy poprzez Białystok w kierunku Rygi i Helsinek powinna być prowadzona z dbałością o środowisko przyrodnicze.

Jeśli chodzi o racjonalny sposób zagospodarowania turystycznego tego regionu kraju, uwzględniający wymagania środowiska przyrodniczego, to godną polecenia jest ekoturystyka, która stanowi jedną z najbardziej sprzyjających człowiekowi form regeneracji sił fizycznych i psychicznych. Polega ona „na takim użytkowaniu i zagospodarowaniu środowiska przyrodniczo-kulturowego, by nie została zakłócona sprawność funkcjonowania przyrody i nie ulegały degradacji wartości kulturowe odwiedzanych regionów turystycznych” (Proniewski red. 1997). Wśród form ekoturystyki wymienia się:

- turystykę specjalistyczną wędrowną (lądową i wodną), krajoznawczo-poznawczą, przygraniczną,
- turystykę stacjonarną, skojarzoną z lecznictwem klimatycznym,
- „zielone szkoły” dla dzieci pochodzących z obszarów ekologicznego zagrożenia,
- „szkoły przetrwania” na obszarach o niewielkim ruchu turystycznym i pozbawionych infrastruktury handlowo-usługowej.

Ważną formą odnowy sił człowieka jest lecznictwo uzdrowiskowe, które do tej pory nie odgrywało tu znaczącej roli (Wysocka 1976). Na obszarze objętym badaniami działają tylko dwa uzdrowiska statutowe: Augustów i Supraśl, o słabo dotychczas rozwiniętej infrastrukturze. Przy czym lecznictwo prowadzone w tych miejscowościach może stanowić uzupełnienie ich funkcji rekreacyjnej. Wobec ożywienia współpracy transgranicznej między Polską i Litwą rysuje się również możliwość współpracy w dziedzinie lecznictwa uzdrowiskowego między Augustowem i Druskienikami.

Przeprowadzona w pracy analiza warunków klimatycznych i bioklimatycznych, stanu higienicznego powietrza a także właściwości zdrowotnych lasów Polski północno-



wschodniej, w pełni potwierdza zasadność zaliczenia tego obszaru do tzw. *Zielonych Płuc Polski*.

### Literatura

- Atlas zasobów, walorów i zagrożeń środowiska geograficznego*, IGiPZ PAN 1994, Agencja Rekl.-Wyd. A. Grzegorzczuk.
- Atlas województwa białostockiego*, 1968, Wyd. Geolog., Warszawa.
- Błażejczyk K., 1981, *Wstępne uwagi o klimacie i bioklimacie zbiorowisk leśnych w Augustowie*, (w:) *Problemy bioklimatologii uzdrowiskowej*, cz. IV. Dok. Geogr., 2, 13-36.
- 1982, *Warunki bioklimatyczne planowanej dzielnicy uzdrowiskowej w Augustowie*, Probl. Uzdrow. 1/6, 17-45.
  - 1990, *Podstawy wydzielenia biotopoklimatów w skali szczegółowej*, Conf. Papers IGiPZ PAN, 4, 166-174.
  - 1991, *Heat balance of the human body in different weather conditions in North-East Poland (the problem of thermal stress)*, Grana, 30, 1, 277-280.
  - 1992, *Bioklimatyczna analiza warunków pogodowych w Polsce*, Zeszyty IGiPZ PAN, 8.
  - 1993, *Wymiana ciepła między człowiekiem a otoczeniem w różnych warunkach środowiska geograficznego*, Prace Geogr. 159.
  - 1998, *Application of GIS and the human heat balance in bioclimatic mapping (the case of North-Eastern Poland)*, maszynopis.
- Błażejczyk K., Grzybowski J., 1993, *Climatic significance of small aquatic surfaces and characteristic of the local climate of Suwałki Landscape park (North-Eastern Poland)*, Ekol.Pol., 41, 1-2, 105-121.
- Błażejczyk K., Grzybowski J., 1994, *Znaczenie klimatotwórcze małych powierzchni wodnych oraz charakterystyka topoklimatów w krajobrazie pojeziernym Suwałskiego Parku Krajobrazowego*, Zesz.Nauk. Komitetu "Człowiek i Środowisko", 7, 103-118.
- Błażejczyk K., Grzybowski J., 1995, *Charakterystyka topoklimatu krajobrazu pojeziernego na przykładzie Suwałskiego Parku Krajobrazowego*, (w:) *Problemy ekologii krajobrazu pojeziernego Polski północno-wschodniej. Ecological problems of the lakeland landscape in North-Eastern Poland*, E.Dąbrowska-Prot, J.Łuczak (red.), Zesz. Nauk. Komitetu „Człowiek i Środowisko”, 12, 49-65.
- Błażejczyk K., Kozłowska-Szczęsna T., Krawczyk B., 1995, *Warunki bioklimatyczne Supraśla jako podstawa zagospodarowania przestrzennego*, Baln. Pol. 37, 3-4, 108-114.
- Cybulska-Witkiewicz R., 1995, *Ocena stanu zanieczyszczenia powietrza w województwach przygranicznych Polski. Symp. Nauk. Ocena i stan środowiska przyrodniczego Polski i innych krajów*, Jachranka 10-13 października 1995, streszczenia referatów, 24-27.
- Grzybowski J. 1991, *Modelowanie topoklimatów na podstawie analizy wybranych właściwości fizycznych warstwy czynnej*, Acta Univ. Vratisl., 1213, Prace Inst. Geogr., seria A, t.5.
- Kaczorowska Z., 1958, *Klimat województwa białostockiego*. Dok. Geogr., 6.
- Kondracki J., 1972, *Polska północno-wschodnia*, PWN, Warszawa.
- 1988, *Geografia fizyczna Polski*, PWN, Warszawa.
- Kozłowska-Szczęsna T., 1991, *Antropoklimat Polski*, Zeszyty IGiPZ PAN, 1.
- Kozłowska-Szczęsna (red.) 1986, *Wyniki badań bioklimatu Polski, część I*, Dok. Geogr., 3.

- 1991, *Wyniki badań bioklimatu Polski*, część II., Dok. Geogr., 1.
- Kozłowska-Szczęśna T, Krawczyk K., Błażejczyk K.- 1995, *Warunki bioklimatyczne Supraśla*, Zeszyty IGiPZ PAN, 33.
- Kozłowska-Szczęśna T, Błażejczyk K., Krawczyk B., 1997, *Bioklimatologia człowieka*, Monografie, 1.
- Krawczyk B. 1988, *Uciążliwość warunków biotermicznych w Polsce*, Probl. Uzdrow. 9/10, 83-94.
- .1993, *Typologia i ocena bioklimatu Polski na podstawie bilansu cieplnego ciała człowieka*, Prace Geogr 160.
- Krzymowska-Kostrowicka A., 1997, *Geoekologia turystyki i wypoczynku*, PWN, Warszawa.
- Kuczmański M. 1977, *Charakterystyka usłonecznienia północnych regionów Polski w okresie 1961-1970*, Zesz. Nauk. Akad. Roln. Techn. w Olsztynie, Rolnictwo 21, 127-134.
- 1990, *Usłonecznienie Polski i jego przydatność dla helioterapii*. Dok. Geogr. ,4.
- Łobozewicz T. 1979, *Warunki rozwoju turystyki i sportu narciarskiego w Polsce w świetle badań śniegowych*. Inst. Turystyki, Warszawa.
- Malzahn E 1995, *Monitoring zanieczyszczeń powietrza w lasach północno-wschodniej Polski w latach 1986-1993*. Symp. Nauk.: *Ocena i stan środowiska przyrodniczego Polski i innych krajów*, Jachranka 10-13 października 1995, streszczenia referatów, 85-88.
- Niedźwiedz T., Limanówka D., 1992, *Termiczne pory roku w Polsce*. Zesz Nauk UJ, Prace Geogr., 90, 53-69.
- Olszewski J.L., 1973, *Klimat północno-wschodniej Polski w ujęciu kompleksowym*, Prace i Studia IG UW, 11, Klimatologia 6, 135-161.
- Pióro S.J. 1973, *Klimat województwa białostockiego*, Woj. Biuro Geodezji, Białystok.
- Proniewski M. (red.), 1997, *Uwarunkowania i kierunki rozwoju obszaru funkcjonalnego „Zielone Płuca Polski”*, Białystok.
- Stan uszkodzenia lasów w Polsce w 1997 roku na podstawie badań monitoringowych*, 1998, Państw. Insp. Ochr. Środ., Warszawa.
- Stopa-Boryczka M. i in., 1986, *Atlas współzależności parametrów meteorologicznych i geograficznych w Polsce. IV. Klimat północno-wschodniej Polski*, Wyd. UW.
- Wysocka E., 1976, *Funkcje uzdrowiskowe makroregionu północno-wschodniego w świetle dotychczasowych badań i prognoz*, (w:) *Problemy turystyki, rekreacji i kształtowania środowiska*, Biuletyn Naukowy Ośr. Bad. Nauk., Białystok, 62-72.
- Zanieczyszczenie powietrza w Polsce w 1993 roku*, 1994, Państw. Insp. Ochr. Środ., Warszawa.
- Zanieczyszczenie powietrza w Polsce w 1994 roku*, 1995, Państw. Insp. Ochr. Środ., Warszawa.
- Zanieczyszczenie powietrza w Polsce w 1995 roku*, 1997, Państw. Insp. Ochr. Środ., Warszawa.



## **Climatic and bioclimatic characteristic of North-Eastern Poland**

### **Summary**

The paper presents the results dealing with climatic and bioclimatic conditions of North-Eastern Poland. It is the area with relatively small urbanisation and anthropogenic pressure and it is called „green lungs of Poland”. The study presented is the complex climatic-and-bioclimatic monograph of this region made with the use of recent, modern physioclimatological methods.

The paper consists of two main parts. In the first part (chapters: 3 and 4) general climatic and bioclimatic characteristic of the studied area is presented. It base on multiannual meteorological data observed on eight local stations and posts (Fig. 1). There were discussed radiative, thermal and anemological characteristics of climate as well as bioclimatic weather types, thermal sensations and the conditions of thermal comfort in man. The attention was also paid on air quality and therapeutic features of the forests.

The second part (chapter 5) presents local differentiation of climatic and bioclimatic conditions. In this purpose the area was divided into almost 2600 grids with resolution of 3x3 km. GIS procedures were used for spatial documentation of various components of geographical environment (relief, type of soil, land use). Generalised topoclimatic information dealing with spatial variability of meteorological elements were the base for reclassification of initial, environmental maps to achieve digital maps of global solar radiation, air temperature and wind speed. Digital biotopoclimatic map contains both, the human heat balance parameters (Table 26), calculated with the use of man-environment heat exchange model (MENEX), as well as air quality characteristics. On the final, evaluation map (Fig. 13) the areas with various usefulness for the needs of recreation were distinguished.

Generally speaking climatic and bioclimatic conditions of North-Eastern Poland are very useful for the needs of recreation. More then 80% of the territory has favourable and very favourable bioclimatic conditions. Good air quality and small anthropogenic changes in geographical environment are additional values of this area.





## **Informacje dla autorów i czytelników**

„Zeszyty IGiPZ PAN” ukazują się w standardowym nakładzie 100 egzemplarzy (w tym 10 autorskich).

Sprzedaż publikacji IGiPZ PAN prowadzą księgarnie:

- ORWN-BIS, ul. Twarda 51/55, 00-818 Warszawa, tel. 69 78 835, czynna od poniedziałku do piątku w godz. od 10 do 18.

- ORWN, Pałac Kultury i Nauki, Warszawa.

### **Wymagania techniczne stawiane pracom składanym do druku w serii „Zeszyty IGiPZ PAN”**

Tekst i tabele należy przygotować na dyskietce (3,5” Microdisks) w programie WORD 7.0 lub 6.0, podpisy pod ryciny w języku polskim i angielskim powinny być umieszczone w oddzielnym pliku, ryciny (opracowane komputerowo lub na kalce) w postaci czystorysów gotowych do druku.

Do każdej pracy w języku polskim należy dołączyć streszczenie angielskie (1-2 strony) oraz abstrakt (3 - 4 zdania) i słowa kluczowe (3 - 4), również w języku angielskim.

## 1996

37. ANNA BEATA ADAMCZYK - Charakterystyka wiatrów silnych i bardzo silnych w Polsce;  
JAROSŁAW BARANOWSKI - Wielkość zachmurzenia w Warszawie w zależności od cyrkulacji atmosferycznej.
38. HALINA POWĘSKA, TOMASZ KOMORNICKI - Przejścia graniczne: Kostrzyn, Słubice, Świecko, Gubin - podstawowe funkcje i strefa oddziaływania na terenie Polski i Niemiec;  
JOANNA PAPIS, TOMASZ KOMORNICKI - Miasto Duszniki Zdrój jako gmina przygraniczna.
39. LESZEK KOLENDOWICZ - Burze na obszarze Polski Północno-Zachodniej w świetle częstości występowania różnych typów cyrkulacji atmosfery.
40. ROMAN SZCZĘSNY - Rolnictwo i gospodarka żywnościowa w okresie restrukturyzacji 1989-1994.
41. PIOTR KORCELLI (red.) - Aglomeracje miejskie w procesie transformacji: I.
42. PIOTR KORCELLI (red.) - Aglomeracje miejskie w procesie transformacji: II.

## 1997

43. PIOTR KORCELLI (red.) - Aglomeracje miejskie w procesie transformacji: III.
44. PIOTR KORCELLI (red.) - Aglomeracje miejskie w procesie transformacji: IV.
45. PIOTR KORCELLI (red.) - Aglomeracje miejskie w procesie transformacji: V.
46. PIOTR KORCELLI (red.) - Aglomeracje miejskie w procesie transformacji: VI.
47. PIOTR EBERHARDT - Problematyka narodowościowa Estonii.
48. WŁODZIMIERZ ZGLIŃSKI - Przekształcenia państwowego rolnictwa - skutki społeczne, ekonomiczne i przestrzenne.
49. BOŻENNA GRABIŃSKA - Geografia plażów na tle świata.  
Regionalizacja zoogeograficzna kręgowców Europy.  
Powierzchnia jednostki a bogactwo taksonomiczne ssaków.
50. ROMAN SZCZĘSNY - Struktura przestrzenna rolnictwa Polski w 1995 roku.

## 1998

51. KRZYSZTOF BŁAŻEJCZYK – Promieniowanie słoneczne a gospodarka cieplna organizmu człowieka.
52. ZYGMUNT BABIŃSKI (red.) – „Mongolia 96” – Niektóre zagadnienia badawcze ekspedycji – Raport.
53. ANDRZEJ GAWRYSZEWSKI, PIOTR KORCELLI, EWA NOWOSIELSKA – Funkcje metropolitalne Warszawy.
54. PIOTR EBERHARDT – Problematyka narodowościowa Łotwy.
55. JERZY GRZESZCZAK – Przesunięcie „miasto-wieś” w przemyśle krajów Unii Europejskiej.
56. WŁADYSŁAWA STOLA – Ludność wiejska Polski. Przemiany struktury demograficznej i społeczno-zawodowej.
57. BOŻENNA GRABIŃSKA – Geografia gadów Europy na tle świata.





PL - ISSN 0867-6836  
ISBN 83-87954-20-9

<http://rcin.org.pl>