



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

Magdalena Kuchcik
Krzysztof Błazejczyk
Jakub Szmyd
Paweł Milewski
Anna Błazejczyk
Jarosław Baranowski

Potencjał lecniczy klimatu Polski



SEDNO
Wydawnictwo
Akademickie

Potencjał leczniczy klimatu Polski

**Instytut Geografii i Przestrzennego Zagospodarowania
Polskiej Akademii Nauk
oraz Wydawnictwo Akademickie SEDNO**
wspólnie wydają serię publikacji książkowych pracowników IGiPZ PAN.

W serii zostały opublikowane następujące prace:

- Tomasz Komornicki, Piotr Korcelli, Piotr Siłka, Przemysław Śleszyński, Dariusz Świątek ***Powiązania funkcjonalne pomiędzy polskimi metropoliami***
- Marek Degórski, Alojzy Kowalkowski, Anna Kozłowska ***Gleby bielicoziemne – geograficzne trendy oraz dyskontynuacje procesów rozwoju***
- Przemysław Śleszyński, Tomasz Komornicki, Jerzy Solon, Marek Więckowski ***Planowanie przestrzenne w gminach***

Wkrótce ukażą się następne książki:

- Leszek Starkel ***O niektórych prawidłowościach rozwoju rzeźby gór i przedpoli***
- Ewa Roo-Zielińska ***Wskaźniki ekologiczne zespołów roślinnych Polski***

Więcej informacji o tych i kolejnych publikacjach
na stronach internetowych:
www.igipz.pan.pl
www.wydawnictwosedno.pl

**Magdalena Kuchcik
Krzysztof Błażejczyk
Jakub Szmyd
Paweł Milewski
Anna Błażejczyk
Jarosław Baranowski**

Potencjał lecniczy klimatu Polski



**INSTYTUT GEOGRAFII
I PRZESTRZENNEGO
ZAGOSPODAROWANIA PAN**



**SEDNO
Wydawnictwo
Akademickie**

Wydawca
Bożena Kućmierowska

Recenzent
prof. dr hab. Teresa Kozłowska-Szczęśna
dr hab. Katarzyna Piotrowicz

Redakcja merytoryczna i korekty
Janusz Puskarz

Redakcja techniczna
Danuta Przymanowska-Boniuk

Projekt okładki, stron tytułowych i opracowanie typograficzne
Janusz Fajto

Zdjęcia na okładce
Magdalena Kuchcik, Paweł Milewski

Copyright © by Wydawnictwo Akademickie SEDNO Spółka z o.o.
Copyright © by Instytut Geografii i Przestrzennego Zagospodarowania PAN
Warszawa 2013

Wszelkie prawa zastrzeżone
Kopiowanie, przedrukowywanie i rozpowszechnianie w całości lub we fragmentach jakkolwiek
techniką bez pisemnej zgody wydawcy zabronione

ISBN 978-83-7963-001-1
ISBN 978-83-7963-002-8 (e-book)

Wydawnictwo Akademickie SEDNO Spółka z o.o.
00-696 Warszawa
ul. J. Pankiewicza 3
www.wydawnictwosedno.pl
info@wydawnictwosedno.pl

Spis treści

PRZEDMOWA	7
1. WPROWADZENIE	9
1.1. Podstawy i formy leczenia klimatycznego	9
1.1.1. Bodźce klimatyczne	10
1.1.2. Zabiegi klimatoterapeutyczne	14
1.2. Materiały źródłowe	17
2. ZRÓŻNICOWANIE BODŹCÓW RADIACYJNYCH	21
2.1. Promieniowanie słoneczne	21
2.2. Uśłonecznienie	30
2.3. Zachmurzenie	38
3. ZRÓŻNICOWANIE BODŹCÓW TERMICZNYCH I WILGOTNOŚCIOWYCH	49
3.1. Temperatura powietrza	50
3.2. Wilgotność powietrza	67
4. ZRÓŻNICOWANIE BODŹCÓW MECHANICZNYCH	77
4.1. Ciśnienie atmosferyczne	77
4.2. Ruch powietrza	88
5. ZRÓŻNICOWANIE ZJAWISK ATMOSFERYCZNYCH	97
5.1. Opady atmosferyczne	97
5.2. Pokrywa śnieżna	108
5.3. Mgły i burze atmosferyczne	113
6. ZRÓŻNICOWANIE WARUNKÓW BIOTERMICZNYCH	119
6.1. Podstawy gospodarki cieplnej organizmu	119
6.2. Uniwersalny wskaźnik obciążeń cieplnych	122
6.3. Temperatura odczuwalna	135
6.4. Dopuszczalny poziom aktywności fizycznej	142
6.5. Przewidywana termoizolacyjność odzieży	149
7. KONTRASTOWOŚĆ WARUNKÓW BIOKLIMATYCZNYCH	157

8. OKRESY KLIMATOTERAPEUTYCZNE	169
8.1. Podstawy wydzielenia okresów klimatoterapeutycznych	171
8.2. Ocena pogody z punktu widzenia klimatoterapii	173
9. LOKALNE ZRÓŻNICOWANIE WARUNKÓW KLIMATYCZNYCH	
I BIOKLIMATYCZNYCH	183
9.1. Wpływ różnych elementów środowiska na warunki klimatu lokalnego	183
9.2. Sposoby prezentacji zróżnicowania klimatu w skali lokalnej	186
9.2.1. Mapy analityczne z wykorzystaniem narzędzi GIS	186
9.2.2. Mapy syntetyczne z wykorzystaniem narzędzi GIS	196
9.2.3. Mapy oceniające	215
10. PROPOZYCJA WERYFIKACJI NORM KLIMATYCZNYCH STAWIANYCH	
MIEJSCOWOŚCIOM UZDROWISKOWYM	221
11. ZAKOŃCZENIE	237
BIBLIOGRAFIA	241
SPIS RYCIN	247
SPIS TABEL	253
CONTENTS	256
SUMMARY	258
LIST OF FIGURES	263
LIST OF TABLES	268

Przedmowa

Liczne badania klimatu i bioklimatu uzdrowisk polskich prowadzone przez pracowników Zakładu Klimatologii IGiPZ PAN zaowocowały wydaniem w 2002 r. obszernej monografii pt. „Bioklimat uzdrowisk polskich i możliwości jego wykorzystania w lecznictwie” autorstwa T. Kozłowskiej-Szczęsnej, K. Błażejczyka, B. Krawczyk oraz D. Limanówki.

Po ponad 10 latach oraz po doświadczeniu wielu terenowych badań mających na celu określenie lokalnego zróżnicowania warunków klimatycznych w uzdrowiskach i miejscowościach potencjalnie uzdrowiskowych na potrzeby lecznictwa, pracownicy Zakładu Geoekologii i Klimatologii IGiPZ PAN postanowili dokonać oceny klimatu całej Polski w kontekście lecznictwa klimatycznego. W opracowaniu uwzględniono nowe metody badawcze oraz nowe zagadnienia ujęte w opracowaniach bioklimatu tj. kwestie długotrwałości niekorzystnych warunków pogodowych (fal upałów, zimna, okresów parnych) czy kontrastowości warunków bioklimatycznych pomiędzy stałym miejscem zamieszkania a miejscem leczenia lub wypoczynku. Zwrócono też uwagę na kwestię zróżnicowania topoklimatycznego miejscowości, której klimat jest lub może być wykorzystywany w lecznictwie, oraz na sposoby prezentacji lokalnych warunków klimatycznych na mapach. Pewnym problemem w analizie potencjału leczniczego klimatu danej miejscowości jest brak konkretnych, wymiernych i obiektywnych kryteriów oceny. Dlatego też podsumowaniem książki jest rozdział, w którym zaproponowano nowe kryteria oceny właściwości leczniczych klimatu.

Autorzy mają nadzieję, że oddają wartościową publikację geografom, klimatologom, osobom zajmującym się turystyką i rekreacją, ale także samorządom gmin, w których istnieją lub planowane są uzdrowiska, lekarzom uzdrowiskowym, czy po prostu osobom zainteresowanym poruszonym zagadnieniem.

Magdalena Kuchcik, Krzysztof Błażejczyk

1. Wprowadzenie

Środowisko atmosferyczne nieustannie oddziałuje na człowieka, może więc być czynnikiem sprzyjającym zdrowiu bądź prowadzącym do jego utraty. Duża powierzchnia Polski, jej położenie pomiędzy Morzem Bałtyckim a Sudetami i Karpatami oraz zróżnicowanie geograficzne pozostałych obszarów powodują, że klimat w kraju jest bardzo zróżnicowany. Wyróżnia się kilka regionów klimatycznych o odrębnej charakterystyce, ale często nawet w obrębie jednego regionu występują znaczne różnice wartości elementów klimatu. Obszary o cechach klimatu szczególnie sprzyjających człowiekowi oraz samo duże zróżnicowanie klimatu są wykorzystywane przez medycynę fizykalną w procesie leczenia.

Dlatego celem opracowania „Potencjał leczniczy klimatu Polski” jest, obok standardowej charakterystyki warunków klimatu i bioklimatu Polski z punktu widzenia możliwości wykorzystania w lecznictwie, wskazanie na jego bodźcowość i kontrastowość oraz, co być może jest najważniejsze, przedstawienie propozycji nowych, bardziej wymiernych kryteriów oceny właściwości leczniczych klimatu z punktu widzenia lecznictwa uzdrowiskowego.

1.1. Podstawy i formy leczenia klimatycznego

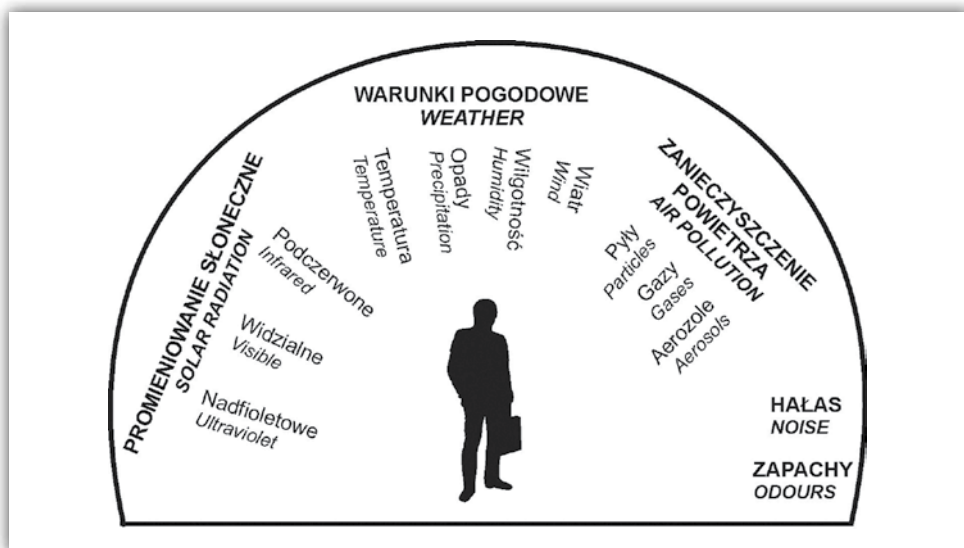
Leczenie klimatyczne (klimatoterapia) jest jedną z form kompleksowego leczenia fizykalnego, podczas którego wykorzystuje się działanie różnych elementów meteorologicznych i cech pogody oraz właściwości klimatu lokalnego w profilaktyce, leczeniu i rehabilitacji (Mączyński 1978). Funkcję leczniczą pełnią tu tzw. bodźce klimatyczne: fizyczne, chemiczne i biologiczne (Kozłowska-Szczęśna i in. 1997, 2002). Są to zarówno pojedyncze elementy meteorologiczne, jak też wielkoprzestrzenna sytuacja pogodowa. Istotą leczenia klimatycznego jest poddawanie kuracjusza działaniu określonych bodźców klimatycznych o pożądanym natężeniu i przez określony czas, w celu wywołania w jego ustroju zmian czynnościowych, metabolicznych i morfologicznych korzystnych dla przebiegu leczenia. Proces leczenia klimatycznego może również polegać na odbarczeniu chorego od szkodliwego wpływu czynników bioklimatycznych, występujących stale lub okresowo w jego miejscu zamieszkania lub w pracy. Niektórych chorych poddaje się w toku

leczenia działaniu tych czynników meteorologicznych, których brak lub niedobór stał się przyczyną choroby (Mączyński 1972).

Istotą klimatycznego leczenia uzdrowiskowego jest zatem stosowanie określonych bodźców, które wywołują reakcje w organizmie. Organizm człowieka reaguje na zastosowane bodźce uruchomieniem własnych mechanizmów adaptacyjnych. Samo pojawienie się i intensywność reakcji chorego w odpowiedzi na stosowany zabieg leczniczy, zależy od siły bodźca, jego charakteru, sposobu aplikacji oraz od zdolności samego organizmu do odpowiedzi na te działania. Z punktu widzenia pacjenta efektywność klimatoterapii wiąże się ze stopniem zaawansowania choroby, rodzajem schorzenia i wiekiem. W wyniku stopniowego i systematycznego działania bodźców klimatycznych na chorego, następuje przywrócenie równowagi organizmu i usprawnienie funkcjonowania wielu narządów i układów fizjologicznych (Ponikowska 2010).

1.1.1. Bodźce klimatyczne

Na organizm człowieka oddziałuje bodźcowo, w sposób nieprzerwany, całe środowisko atmosferyczne. Składają się na nie zarówno podstawowe elementy meteorologiczne (promieniowanie słoneczne, temperatura i wilgotność powietrza, ciśnienie atmosferyczne oraz ruch powietrza i opady), jak i gazy atmosferyczne oraz zanieczyszczenia pyłowe powietrza, jego jonizacja, natężenie pól elektromagnetycznych, hałas, wibracje oraz zapachy (WMO, 892) (ryc. 1.1).



Rycina 1.1. Człowiek i środowisko atmosferyczne

Figure 1.1. Man in the atmospheric environment

Źródło Source: WMO – No 892

Stopień bodźcowości klimatu ocenia się na podstawie skrajnych wartości 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 ocenia się natomiast, biorąc pod uwagę zmienność różnych stanów atmosfery. Działanie poszczególnych bodźców może być zwiększone, między innymi przez ich współdziałanie (synergizm) (Kozłowska-Szczęśna i in. 1997).

Bodźce atmosferyczne oddziałują na organizm przez skórę, drogi oddechowe, układ nerwowy oraz narządy: węchu, smaku, słuchu, dotyku i wzroku. T. Kozłowska-Szczęśna i inni (1997) łączą bodźce klimatyczne w trzy podstawowe zespoły: bodźców fizycznych, bodźców chemicznych i bodźców biologicznych.

Według G. Flemminga (1983) bodźce te, zależnie od swej intensywności, mają różnorodne działanie:

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

Zespół bodźców fizycznych

W grupie bodźców fizycznych ważną rolę odgrywa promieniowanie słoneczne, które stymuluje różnorodne procesy fizjologiczne zachodzące w organizmie (Błażejczyk 1995; Kozłowska-Szczęśna, Błażejczyk 1998). Intensywne działanie promieniowania słonecznego obejmuje skórę, narządy wewnętrzne, a także układ nerwowy. Najaktywniejsza biologicznie jest nadfioletowa część promieniowania słonecznego (UV). Ma ona właściwości bakteriobójcze i hartujące, pobudza czynności krwiotwórcze, zwiększa odporność organizmu na zakażenia, wywołuje zmiany czynnościowe układu nerwowego, stymuluje gruczoły wydzielania wewnętrznego oraz ma działanie przeciwrzywiczne (Wolska 2006). Zbyt wielkie dawki promieniowania UV mogą natomiast powodować nowotwory skóry i oczu – w Stanach Zjednoczonych około 90% rozpoznanych nowotworów skóry wynika z nadmiernego opalania (Nurkowska 1997; Lityńska i in. 2001; Lucas i in. 2006). Widzialna część promieniowania słonecznego działa przede wszystkim na światłoczułe komórki oka. Reguluje także cykl dobowy organizmu, poprzez oddziaływanie na wytwarzanie przez szyszynkę melatoniny, która jest nazywana „hormonem snu” (Karasek 1997; Błażejczyk, Morita i in. 2005, 2008; Arendt 2006; Maroszek

i in. 2010). Promieniowanie podczerwone ma właściwości ciepłne. Ciepło uzyskane tą drogą przyspiesza przemianę materii i zwiększa zapotrzebowania na tlen. Ponadto łagodzi ból oraz ułatwia zachowanie równowagi cieplnej organizmu (homeotermii) (Błażejczyk 1997).

Bodźce termiczno-wilgotnościowe oddziałują na receptory ciepła i zimna w skórze człowieka (Kozłowski 1986). Podstawowymi reakcjami fizjologicznymi na „zimne” warunki otoczenia są obniżenie temperatury skóry oraz zmniejszenie peryferycznego przepływu krwi. Efektem ubocznym tego procesu jest wzrost ciśnienia krwi, który w skrajnych sytuacjach może być niebezpieczny dla zdrowia. Dodatkowym fizjologicznym procesem dostosowawczym organizmu do zimnego otoczenia jest tzw. drżenie mięśniowe. W warunkach gorąca następuje rozszerzenie naczyń krwionośnych i wzrost skórno przepływu krwi – przy jednocześnie obniżeniu ciśnienia tętniczego i zwiększeniu tętna. Rośnie temperatura skóry, a bezpośrednim tego skutkiem jest uaktywnienie gruczołów potowych. Parujący pot obniża temperaturę skóry, zwiększając w ten sposób różnicę temperatury pomiędzy wnętrzem ciała a jego powłoką (Malchaire 1991; Błażejczyk 1998). Duża wilgotność otoczenia utrudnia parowanie potu i pojawia się uczucie parności, które jest szczególnie uciążliwe dla osób z chorobami układów oddechowego i krążenia.

Bodźce mechaniczne związane są z dwoma elementami meteorologicznymi: ruchem powietrza (wiatrem) i ciśnieniem atmosferycznym. Korzystne działanie wiatru polega na wykonywaniu swoistego mikromasażu powierzchni ciała i usprawnianiu w ten sposób mechanizmów termoregulacji. Z drugiej strony silny wiatr utrudnia oddychanie, zmniejsza zdolność do wysiłku, powoduje niepokój i zaburza sen. 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 i dzwonięcie w uszach. Niekiedy obserwuje się nawet przejściowe osłabienie słuchu (Jankowiak 1976).

Bodźce akustyczne oddziałują przede wszystkim na narząd słuchu. 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. Nadmierny hałas powoduje zmęczenie, drażliwość, podwyższenie ciśnienia krwi, ból i zawroty głowy. Hałas o szczególnie silnym natężeniu może nawet spowodować trwałe uszkodzenie błony bębenkowej i utratę słuchu (Kalinowski 1969). Stosowana w Polsce definicja hałasu określa, że są to wszystkie niepożądane, nieprzyjemne, dokuczliwe lub szkodliwe drgania mechaniczne ośrodka sprężystego działające za pośrednictwem powietrza na organ słuchu i inne elementy organizmu człowieka (<http://www.ciop.pl/6466.html>, dostęp 17 lipca 2013).

Zespół bodźców chemicznych

Bodźce te wiążą się z oddziaływaniem na człowieka różnych składników atmosfery, naturalnych (tlen, azot, dwutlenek węgla i para wodna oraz wodór, ozon i gazy szlachetne) i antropogenicznych (zanieczyszczenia gazowe, pyłowe i aerozole oraz olejki eteryczne i mikroskładniki o działaniu tonizującym, a nawet leczniczym). Dlatego też w ocenie właściwości leczniczych klimatu w uzdrowiskach bardzo ważną rolę odgrywa analiza stanu sanitarnego powietrza.

Wzrost zanieczyszczenia powietrza jest jednym z czynników cywilizacyjnych pogorszenia stanu zdrowia ludności (Jędrzychowski 1986; Seńczuk 2002). Dorosły człowiek wdycha około 10–12 m³ powietrza w ciągu doby. Wraz z powietrzem przez układ oddechowy dostają się do organizmu różne zanieczyszczenia. Zanieczyszczenia powietrza musimy rozpatrywać zarówno jako bezpośrednią przyczynę niektórych schorzeń, ale też jako czynnik stymulujący nasilenie niektórych chorób (np. astma, nieżyt nosa), zależny od warunków pogodowych (Piekarska i in. 2009). Reakcja organizmu na działanie substancji toksycznej ma charakter: a) ostry, spowodowany jednorazowym wprowadzeniem do organizmu dużej dawki substancji, b) chroniczny, spowodowany długotrwałym wprowadzaniem do organizmu małych dawek tych substancji, c) utajony, kiedy skutki wprowadzenia do organizmu pewnych dawek substancji toksycznej mogą się ujawnić dopiero po dłuższym czasie (Juda-Rezler 2000).

Zespół bodźców biologicznych

W powietrzu unoszą się organizmy żywe (tzw. 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) mają natomiast silne działanie bakteriobójcze. Spośród roślin i zbiorowisk roślinnych najczęściej takich substancji wydzielają: drzewa iglaste (sosna, świerk, jodła), jałowiec i dąbrowy świetliste. Znaczny wpływ na jakość i ilość wydzielanych substancji eterycznych mają warunki pogodowe oraz 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 (Kostrowicki 1970; Beer, Mączak 1977; Krzymowska-Kostrowicka 1997).

1.1.2. Zabiegi klimatoterapeutyczne

Stosowane w uzdrowiskach zabiegi klimatoterapeutyczne obejmują: kąpiele słoneczne, kąpiele powietrzne, terenoterapię ruchową, kąpiele morskie oraz inhalacje naturalnego aerozolu morskiego lub tężniowego. Szczególnym rodzajem klimatoterapii jest talassoterapia, wykorzystująca kompleksowo naturalne walory lecznicze morza (Ponikowska 2001, 2010; Kozłowska-Szczęśna i in. 2002).

Helioterapia jest to leczenie bezpośrednim promieniowaniem słonecznym. Bódcowość tego zabiegu zależy od ilości energii promieniowania nadfioletowego Słońca (UV) pochłoniętej przez skórę w ciągu ekspozycji oraz od stopnia obciążenia układu termoregulacyjnego przez panujące podczas zabiegu warunki termiczne (Mączyński 1978). Helioterapia hamuje rozwój osteoporozy, stymuluje procesy ochrony skóry w łuszczycy, zwiększa wytrzymałość i sprawność układu odpornościowego, powoduje wzrost wytwarzania witaminy D3, pozytywnie wpływa na leczenie alergii skórnych (Helbin 2000). Kąpiele słoneczne działają korzystnie w wielu chorobach dermatologicznych, jak łuszczyca czy trądzik. Korzystne działanie słonecznego promieniowania nadfioletowego uzyskuje się jednak tylko wówczas, gdy kąpiele słoneczne są prawidłowo stosowane, dokładnie dawkowane (Ponikowska 2010). Przeciwwskazaniami do stosowania helioterapii są: uczulenia i nadmierna wrażliwość na promieniowanie nadfioletowe oraz choroby skórne ulegające zaostrzeniu pod jego wpływem, gruźlica płuc, stan po ostrym reumatycznym zapaleniu stawów, przewlekłe zapalenie nerek, niewydolność wątroby, nerwice ze stanami lękowymi i bezsennością, podeszły wiek oraz wysokie i długo trwające nadciśnienie tętnicze (Mączyński 1978; Straburzyński 1997).

Inne efekty helioterapii wiążą się z działaniem dwóch pozostałych zakresów promieniowania słonecznego: widzialnego i podczerwonego. Odpowiednie dozowanie promieniowania widzialnego sprzyja regulacji cyklu dobowego organizmu, przez co pozwala na wspomaganie leczenia zaburzeń snu. Działa także pobudzająco na psychikę człowieka i powoduje odprężenie psychiczne (co znalazło zastosowanie w leczeniu depresji). Promieniowanie podczerwone łagodzi podrażnienia skóry oraz działa uśmierzająco na ból, łagodzi skutki uszkodzenia tkanek miękkich.

Aeroterapia polega na leczeniu świeżym powietrzem w spoczynku, poza działaniem bezpośredniego promieniowania słonecznego. Bódcowość aeroterapii zależy od intensywności bodźców termicznych, które mogą prowadzić do wychładzania lub nagrzewania organizmu, a także od aerodynamicznego działania wiatru (Mączyński 1978). Kąpiele powietrzne zwiększają pojemność minutową serca, wzmagają utlenienie krwi, obniżają poziom pośrednich produktów przemiany białkowej we krwi oraz usprawniają termoregulację ustroju i podstawową przemianę materii (Mączyński 1978). Zmniejszają również wrażliwość na czynniki infekcyjne oraz podnoszą sprawność układu krążenia (Helbin 2000). Wskazania do aeroterapii

istnieją w przypadku wszystkich chorób, zaleca się jednak indywidualne dostosowanie bodźcowości zabiegu (Mączyński 1978). Aeroterapię szczególnie poleca się chorym na nerwice, w chorobach serca i naczyń krwionośnych, w celu pobudzenia przemiany materii oraz zahartowania organizmu (Straburzyński 1997).

Przykładem szczególnego wykorzystania aeroterapii są trzy uzdrowiska (Ciechocinek, Inowrocław i Konstancin), w których działają specjalne tężnie. Do tężni doprowadzona jest woda mineralna (solanka), która ściekając po gałązkach tarniny ulega zagęszczeniu przez parowanie. Podczas parowania solanki i spływaniu po gałązkach następuje jej rozdrobnienie w formie kropelek oraz drobnych kryształków. W ten sposób tworzy się aerozol, który przenika do otaczającego tężnie powietrza. Właściwości lecznicze aerozol tężniowy zawdzięcza zawartości składników mineralnych: chlorku sodu, związków jodu, bromu, wapnia, żelaza i innych. Podczas parowania solanki następuje także ochłodzenie powietrza oraz zwiększenie jego wilgotności. Są to dodatkowe walory mikroklimatu strefy okołotężniowej. Powietrze wokół tężni charakteryzuje ponadto duża czystość bakteriologiczna i bardzo małe zapylenie, dlatego przebywanie (leżakowanie, bardzo spokojne spacerowanie) w strefie okołotężniowej ma działanie lecznicze. Zabiegi te są wskazane dla osób z wieloma chorobami dróg oddechowych oraz w przypadkach niedoboru jodu. Mikroklimat strefy okołotężniowej ma cechy zbliżone do klimatu nadmorskiego. Terenoterapia¹ jest wykonywaniem dynamicznego wysiłku fizycznego w terenie, w warunkach zmiennej pogody i cech mikroklimatu, z uwzględnieniem walorów widokowych i krajobrazowych. Do terenoterapii zalicza się spacerowanie, biegi, jazdę na rowerze oraz spacerowanie i biegi na nartach (Ponikowska, Marciniak 1988). Korzystnie działa w zaburzeniach czynnościowych układu krążenia, miażdżycy, chorobie niedokrwiennej serca (Helbin 2000). Terenoterapia zwiększa możliwości wytrzymałościowe organizmu poprzez usprawnienie czynności układu krążenia i układu oddechowego przez poprawę koordynacji ruchowej i zwiększenie ukrwienia narządów. Powoduje zwiększenie wydatku energetycznego przeznaczonego na pracę mięśniową i w konsekwencji zmniejszenie nadmiaru tkanki tłuszczowej u osób otyłych oraz wyrównanie zaburzeń metabolicznych w gospodarce węglowodanowej i lipidowej. Wpływa również pozytywnie na usprawnienie funkcji narządu ruchu, głównie kończyn dolnych. Wskazana jest u osób ze schorzeniami układu ruchu, chorobami układu krążenia, układu oddechowego, metabolicznymi oraz w przypadku nerwic (Ponikowska, Marciniak 1988). Formę terenoterapii należy dobrać odpowiednio do konkretnego rodzaju schorzenia (tab. 1.1).

¹ W niektórych opracowaniach ta forma leczenia klimatycznego jest określana jako kinezyterapia. Niemniej, w katalogu procedur leczniczych w uzdrowiskach mianem „kinezyterapia” określa się zabiegi leczenia ruchem odbywające się w pomieszczeniach. Dlatego dla rozróżnienia tych grup procedur leczniczych w obecnym opracowaniu dla leczenia ruchem w terenie otwartym będzie stosowany termin „terenoterapia”.

Tabela 1.1. Możliwość stosowania różnych form terenoterapii w leczeniu niektórych schorzeń**Table 1.1. Detail treatment recommendations for various forms of terrain therapy**

Schorzenie <i>Disease</i>	Forma terenoterapii <i>Form of terrain therapy</i>				
	spacery <i>walking</i>	nordic <i>walking</i>	jogging	jazda na rowerze <i>biking</i>	narciarstwo biegowe <i>skiing</i>
Choroba zwyrodnieniowa kręgosłupa <i>Vertebral column degenerative disease</i>	+			+	+
Choroba zwyrodnieniowa stawów biodrowych i kolanowych <i>Knee and iliom degenerative disease</i>				+	
Chorzy po urazach i zabiegach <i>Post-operation and injury patients</i>	+	+			
Chorzy z niedowładami i upośledzeniem chodu <i>Legs paresis</i>	+			+	+
Choroba niedokrwienności serca <i>Ischaemic heart disease</i>	+	+	+	+	+
Choroby naczyń kończyn dolnych <i>Periferal vessels disease</i>	+			+	
Choroba wieńcowa <i>Coronary disease</i>	+				
Choroby dróg oddechowych <i>Respiratory tracts disorders</i>	+	+	+	+	+
Nadciśnienie tętnicze <i>Hypertension</i>	+				
Cukrzyca <i>Diabetes</i>	+	+			+
Otyłość <i>Obesity</i>	+	+		+	+
Nerwice <i>Neurosis</i>	+	+	+	+	+

Źródło Source: Ponikowska, Marciniak (1988), uzupełnione przez autorów completed by authors.

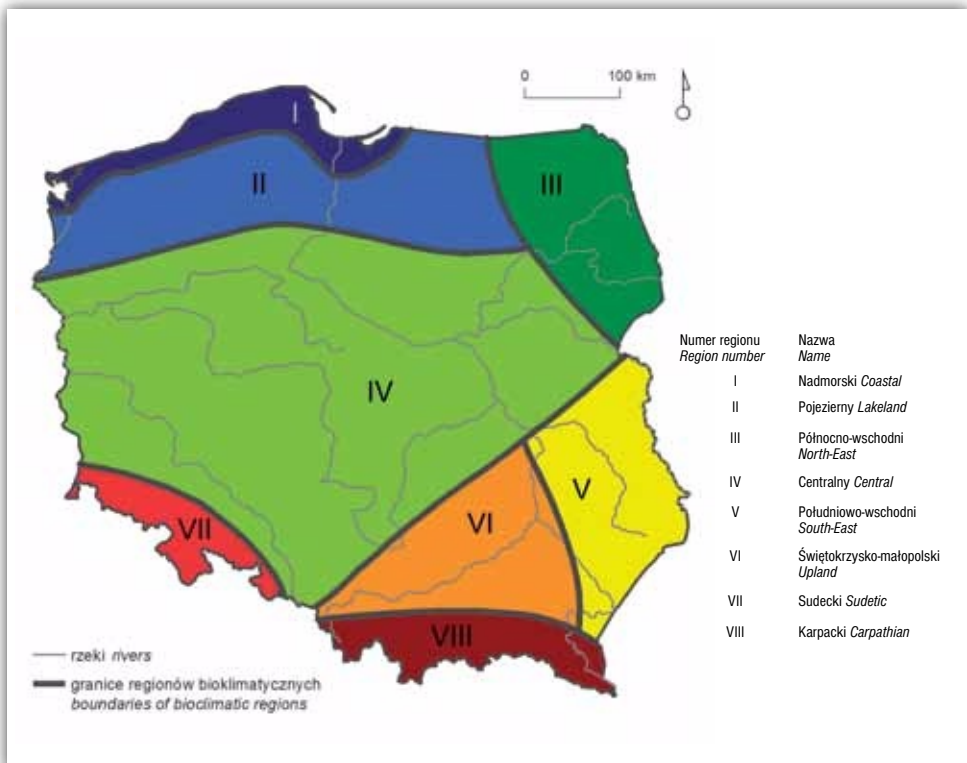
Terenoterapii nie należy stosować u chorych z chorobą wieńcową serca z bólami dławicowymi oraz u osób krótko po zawale serca, w niektórych wadach zastawkowych serca, chorobach serca z objawami niewydolności krążenia, w cukrzycy z kwasicią, w nadciśnieniu tętniczym w III i IV okresie, w ostrych chorobach układu oddechowego, w astmie oskrzelowej w okresie stałej duszności, w zapaleniu stawów z silnymi bólami oraz w chorobach neurologicznych drgawkowych (Ponikowska, Marciniak 1988).

Talassoterapia wykorzystuje czynniki bodźcowe klimatu morskiego. Są nimi: obniżona temperatura powietrza, dynamiczny ruch powietrza oraz zawartość w powietrzu aerozolu morskiego powstającego w wyniku falowania wody i rozbryzgu fal o brzeg. W talassoterapii korzysta się także z kąpeli w wodzie morskiej, leżakowaniu na piasku plaży, insolacji oraz ruchu nad brzegiem morza. Kompleksowe działanie wszystkich lub większości tych czynników ma działanie hartujące i wpływa pozytywnie na organizm człowieka, powodując wzrost odporności na

infekcje oraz obniżenie wrażliwości na niską temperaturę powietrza. Talassoterapia prowadzona w sposób kontrolowany pozwala na lepszą odnowę biologiczną. Szczególnymi wskazaniami do stosowania tej metody są: schorzenia układu oddechowego, alergie i schorzenia skóry (Mączyński 1978; Helbin 2000; Helbin, Kolarzyk 2005; Ponikowska 2010). W Polsce Morze Bałtyckie stwarza dobre warunki do prowadzenia talassoterapii. Klimat nadmorski cechuje się tu silnymi bodźcami ochładzającymi, czystością powietrza (w tym bardzo małymi ilościami alergenów) oraz intensywnym promieniowaniem słonecznym, zwłaszcza w okresie letnim.

1.2. Materiały źródłowe

Na rycinie 1.2 kolorami przedstawiono regionalizację bioklimatyczną Polski według T. Kozłowskiej-Szczęsnej i innych (2002), zmodyfikowaną przez K. Błażejczyka (2004), na której oparto schemat opracowania. Takie same barwy wykorzystano na większości rycin, przypisując tym samym każdą ze stacji meteorologicznych i klimatologicznych – uwzględnianych w analizie – do określonego regionu bioklimatycznego.

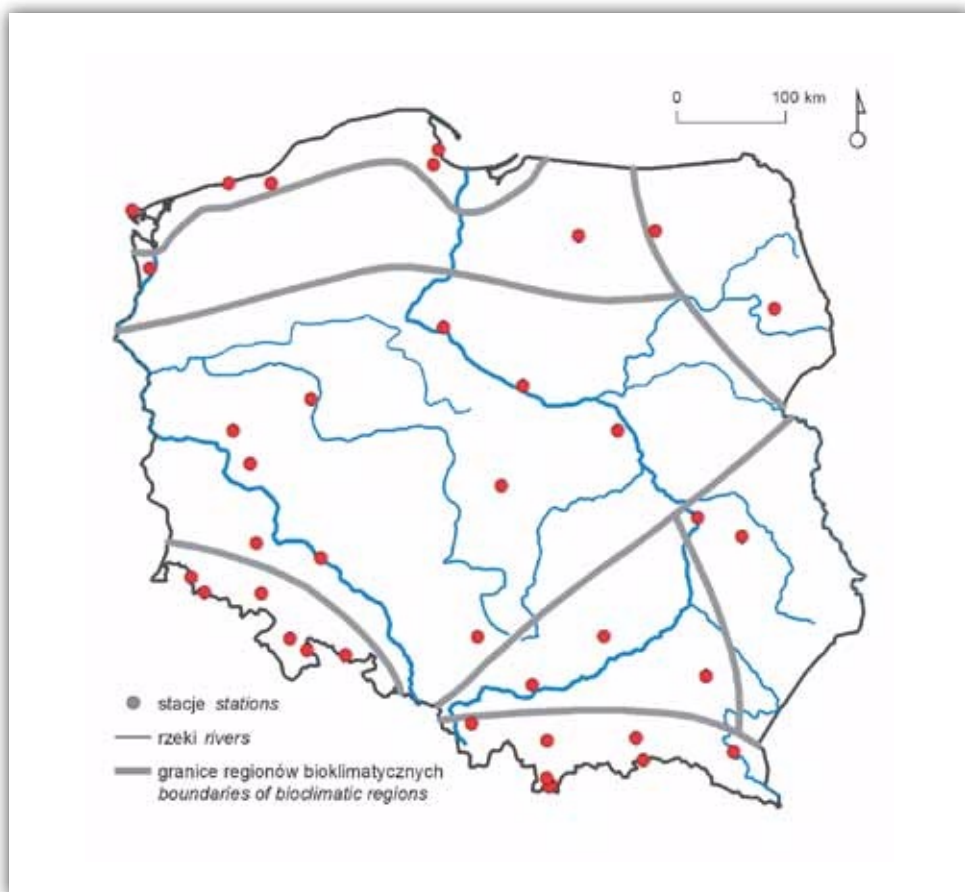


Rycina 1.2. Regiony bioklimatyczne Polski (Błażejczyk 2004)
Figure 1.2. Bioclimatic regions in Poland (Błażejczyk 2004)

Podstawę opracowania stanowią dane meteorologiczne z 38 stacji położonych we wszystkich regionach bioklimatycznych (ryc. 1.3) – w większości za lata 1991–2000. Mniejszą liczbę miejscowości wykorzystano w opisie warunków radiacyjnych, w tym promieniowania całkowitego, co wynika z niewielkiej liczby stacji, na których wykonuje się w Polsce pomiary aktynometryczne.

W tabeli 1.2 przedstawiono wszystkie wzięte pod uwagę stacje, okresy oraz elementy i zjawiska meteorologiczne mierzone i obserwowane na tych stacjach, które wykorzystano w opracowaniu. Jedynie w ostatnim rozdziale, którego istotą było odniesienie wyników z lat 1991–2000 do 20-lecia 1971–1990, powołano się na warunki klimatyczne w uzdrowiskach opisane w monografii „Bioklimat uzdrowisk polskich i możliwości jego wykorzystania w lecznictwie” (Kozłowska-Szczęsna i in. 2002).

Kolejne części pracy wymagały innych metod opracowania, dlatego też były one objaśniane w każdym z rozdziałów osobno.



Rycina 1.3. Rozmieszczenie stacji meteorologicznych analizowanych w opracowaniu

Figure 1.3. The distribution of the analysed meteorological stations

Table 1.2. List of stations, localization in regions and meteorological data used in a book

[illegible]

W ocenie potencjału leczniczego klimatu Polski znaczenie ma nie tylko średnia liczba dni z danymi warunkami pogodowymi, lecz też częstość i długość okresów z pogodą sprzyjającą lub niesprzyjającą klimatoterapii. Na pogodę będącą obciążeniem dla organizmu człowieka składają się między innymi kilkudniowe lub dłuższe ciągi dni upalnych czy mroźnych, pogodnych czy pochmurnych, z ciszą atmosferyczną lub silnym wiatrem, dni parnych, dni z opadem atmosferycznym, czy dni ze skrajnie niskim lub wysokim ciśnieniem atmosferycznym. Występowanie takich właśnie okresów w analizowanym 10-leciu i regionach zostało przeanalizowane i opisane poniżej. Obliczono różnej długości ciągi dni (w zależności od elementu klimatu), z tym, że zawsze w liczbie okresów krótszych zawierały się okresy dłuższe; na przykład w liczbie 9 fal upałów 3-dniowych we Wrocławiu, zawierały się 2 fale minimum 5-dniowe, a w nich 1 fala trwająca co najmniej 8 dni.

W opisie poszczególnych elementów klimatu tylko w 3 przypadkach (usłonecznienie, opady i mgły) odnoszono się do norm dla uzdrowisk. W przypadku pozostałych elementów takie kryteria dotychczas nie obowiązują.

Wszystkie przedstawione ryciny oraz tabele są oryginalne i zostały opracowane na potrzeby tej publikacji, chyba że zaznaczono inaczej.

2. Zróżnicowanie bodźców radiacyjnych

2.1. Promieniowanie słoneczne

Promieniowanie słoneczne docierające do powierzchni Ziemi jest istotnym czynnikiem modelującym wszelkie procesy zachodzące w środowisku przyrodniczym, mającym bezpośredni wpływ na życie i funkcjonowanie człowieka. Nierównomierne nagrzewanie powierzchni Ziemi przyczynia się do zróżnicowania jej temperatury. W konsekwencji powstaje cyrkulacja atmosferyczna, która poprzez zmienność zachmurzenia oraz przezroczystość napływających mas powietrza decyduje o ilości energii słonecznej docierającej do powierzchni Ziemi.

Energia promieniowania słonecznego dochodząca do powierzchni ziemi odgrywa istotną rolę w ocenie warunków bioklimatycznych. Promieniowanie słoneczne nie tylko wpływa na odczucia cieplne, ale także decyduje o pobudzeniu układu krwiotwórczego, nerwowego i gruczołów wydzielania wewnętrznego. Zwiększa również odporność na zakażenia oraz przyczynia się do wytwarzania przeciwkrzywiczej witaminy D. W leczeniu uzdrowiskowym jest często wykorzystywane w różnego rodzaju zabiegach helioterapeutycznych (Błażejczyk 1998; Kozłowska-Szczęsna i in. 2002). Z punktu widzenia bioklimatologii największe znaczenie ma promieniowanie nadfioletowe, a szczególnie UV-B, które jest najbardziej aktywne biologicznie. Niemniej, także mimo niewielkiego udziału w całym spektrum promieniowania, właśnie promieniowanie widzialne i podczerwone stymuluje procesy fizjologiczne i powinno być jak najczęściej wykorzystywane w helioterapii (Lityńska i in. 2001; Błażejczyk, Kunert 2011).

Miarą oddziaływania promieniowania słonecznego na człowieka jest określenie ilości energii dostarczanej do powierzchni ziemi, z uwzględnieniem wszystkich czynników osłabiających promienie słoneczne przechodzące przez atmosferę. Działanie biologiczne promieniowania zależy od masy optycznej atmosfery. W szerokościach geograficznych charakterystycznych dla Polski działanie biologiczne nadfioletu UV-A występuje od 20° wysokości Słońca nad horyzontem, UV-B od 30°, podczas gdy promieniowanie UV-C nie dociera do powierzchni ziemi (Błażejczyk 1997).

W opracowaniu sum dziennych promieniowania całkowitego wykorzystano dane z 13 stacji, na których wykonywane są pomiary aktynometryczne i są to często inne miejsca niż analizowane w pozostałych rozdziałach. Stacje w Gdyni i Kołobrzegu reprezentują Region Nadmorski, stacja w Mikołajkach w przybliżony sposób może opisywać regiony Pojezierny i Północno-wschodni, stacje w Radzynie (leżącym w połowie drogi między Leszmem i Zieloną Górą), Legnicy, Toruniu i Warszawie znajdują się w Regionie Centralnym. Warunki solarne w Regionie Południowo-wschodnim charakteryzuje stacja Puławy; w Regionie Sudeckim – Kłodzko, a w Regionie Karpackim – Zakopane, Kasprowy Wierch, Lesko i Bielsko-Biała.

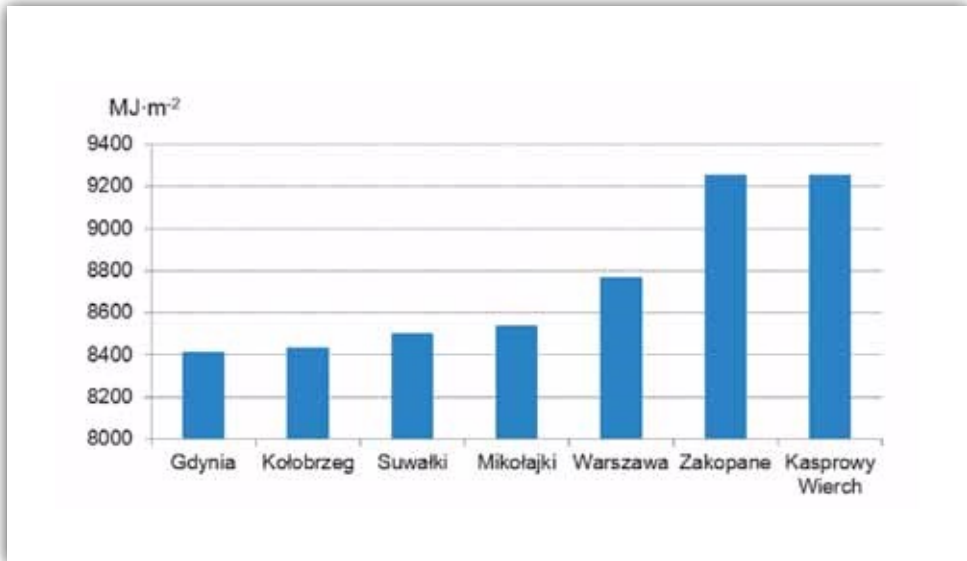
Największy wpływ na ilość docierającej do powierzchni ziemi energii promieniowania słonecznego mają warunki astronomiczne oraz stan atmosfery. Ilość energii jaką otrzymuje dana powierzchnia zależy od natężenia promieniowania, kąta padania promieni słonecznych oraz czasu uśłonecznienia.

Zróźnicowanie natężenia promieniowania słonecznego na obszarze Polski zależy przede wszystkim od jej położenia geograficznego pomiędzy 49° a 54° szerokości geograficznej północnej. Dlatego pora dzienna, czyli okres od wschodu do zachodu Słońca, obejmuje ponad 51% z 8766 godzin w roku, przy czym na północnych krańcach Polski trwa ona o 20 godzin dłużej niż na południu kraju. W północnej części Polski latem dzień jest dłuższy o prawie 1 godzinę niż w części południowej; zimą sytuacja jest odwrotna – dłuższy dzień mają krańce południowe niż północne (Bogdańska, Podogrocki 2000; Lorenc 2005).

Na północy kraju w czerwcu godziny dzienne stanowią 71,5% miesiąca, a w grudniu 29,6%. W centrum Polski w czerwcu godziny dzienne obejmują 69%, w grudniu 32,7%. Na południowych krańcach Polski stosunek godzin dziennych do całej doby wynosi 67% w czerwcu i 34,7% w grudniu.

Natężenie promieniowania na powierzchni ziemi jest osłabiane przez różne właściwości fizyczne atmosfery (jej przezroczystość, zachmurzenie, zawartość aerozoli). W czasie przejścia promieni słonecznych przez atmosferę dochodzi nie tylko do ich osłabienia, ale również zmian jakościowych promieniowania.

W przypadku ilości energii dopływającej do górnej granicy atmosfery wyraźnie zaznacza się uprzywilejowanie niższych szerokości geograficznych (ryc. 2.1). W roku północne krańce Polski otrzymują o około 9% mniej potencjalnej energii promieniowania słonecznego niż południowe. Analizując stosunek sum rocznych promieniowania na górnej granicy atmosfery do sum notowanych na powierzchni ziemi, w odniesieniu do całego obszaru Polski obserwuje się różnice w dopływie energii słonecznej wynikające z szerokości geograficznej, ale również wpływu atmosfery.

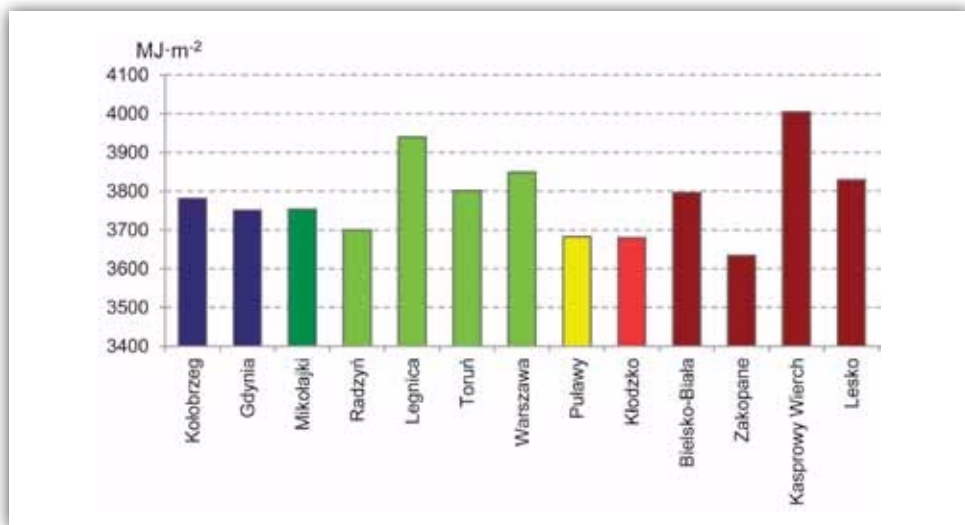


Rycina 2.1. Suma roczna promieniowania na górnej granicy atmosfery
Figure 2.1. Annual sum of global solar radiation on the top of the atmosphere

Źródło Source: Bogdańska, Podogrocki (2000).

Największe osłabienie promieniowania słonecznego dochodzącego do powierzchni ziemi na skutek zachmurzenia i zmętnienia atmosfery wśród analizowanych stacji występuje w Zakopanem (61%), a najbardziej przezroczysta atmosfera charakteryzuje stacje nadmorskie – Kołobrzeg i Gdynię – tu pochłaniane jest około 55% promieniowania słonecznego. W Mikołajkach atmosfera pochłania około 56% promieniowania.

W okresie 1991–2000 ilość energii słonecznej, jaka docierała do powierzchni ziemi w poszczególnych regionach bioklimatycznych była dosyć zróżnicowana. W Regionie Nadmorskim średnie roczne sumy promieniowania całkowitego (K_{glob}) wahały się od 3751 MJ·m⁻² w Gdyni do 3781 MJ·m⁻² w Kołobrzegu. Ta niewielka różnica świadczy o zbliżonych warunkach dopływu promieniowania całkowitego w całym regionie. Podobne warunki radiacyjne występowały także w regionach Pojeziernym i Północno-wschodnim. Na stacji w Mikołajkach suma roczna promieniowania całkowitego wynosiła 3753 MJ·m⁻². W Regionie Centralnym powierzchnia podłoża otrzymała średnio od 3700 MJ·m⁻² w Radzynie do 3940 MJ·m⁻² w Legnicy. W Regionie Południowo-wschodnim (w Puławach) roczna suma promieniowania wyniosła 3682 MJ·m⁻². W Regionie Karpackim najmniejsze sumy K_{glob} , nie przekraczające 3800 MJ·m⁻², zanotowano w Zakopanem i Bielsku-Białej, zaś największe na Kasprowym Wierchu, gdzie średnio w roku suma promieniowania wynosiła 3896 MJ·m⁻². W Kłodzku reprezentującym Region Sudecki roczne sumy promieniowania wynosiły około 3700 MJ·m⁻² (ryc. 2.2).



Rycina 2.2. Średnie sumy roczne promieniowania całkowitego (1991–2000)

Figure 2.2. Mean annual sums of global solar radiation (1991–2000)

* Wszystkie przedstawione ryciny są oryginalne i zostały opracowane na potrzeby tej publikacji, chyba że zaznaczono inaczej.

Tabela 2.1. Średnie, maksymalne i minimalne sumy miesięczne całkowitego promieniowania słonecznego (MJ·m⁻², 1991–2000)

Table 2.1. Monthly mean, maximum and minimum sums of global solar radiation (MJ·m⁻², 1991–2000)

English explanations of the characteristics are on the bottom of the table

Stacja Station	Miesiące Months											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
REGION NADMORSKI COASTAL REGION												
Kołobrzeg												
Średnia	61,3	106,5	268,3	424,2	604,3	599,4	614,4	512,8	303,8	174,9	68,3	42,9
Maksimum	77,4	123,8	314,6	479,4	701,3	758,6	796,9	599,7	389,7	189,4	88,1	56,5
Minimum	43,2	84,2	226,2	366,4	451,7	511,6	471,6	420,6	225,5	149,0	53,5	35,5
Gdynia												
Średnia	63,2	111,4	259,9	415,8	582,9	604,1	612,2	499,4	299,7	186,1	69,0	46,8
Maksimum	80,5	135,8	309,8	487,1	689,6	788,5	803,9	595,6	396,9	205,4	85,0	57,4
Minimum	45,6	90,0	219,8	339,1	479,3	529,5	462,7	422,6	241,8	170,7	45,5	31,8
REGION POJEZIERNY I PÓŁNOCNO-WSCHODNI LAKELAND AND NORTH-EAST REGION												
Mikołajki												
Średnia	66,4	119,9	265,2	400,2	588,6	595,7	608,4	502,8	308,8	179,9	71,7	45,8
Maksimum	74,5	166,3	359,2	496,6	693,3	697,7	777,9	597,4	374,0	232,6	93,6	58,3
Minimum	42,9	91,9	212,6	295,0	520,1	514,1	489,8	443,8	254,2	157,4	52,1	36,6
REGION CENTRALNY CENTRAL REGION												
Radzyń												
Średnia	73,2	133,7	258,9	416,1	553,1	551,2	577,7	499,0	312,9	187,1	82,7	54,4
Maksimum	92,8	157,2	293,3	480,8	665,6	702,6	697,8	558,1	390,6	251,2	97,8	62,3
Minimum	54,1	118,6	209,6	353,2	433,3	426,9	413,0	449,8	250,0	127,8	63,8	48,5

Legnica												
Średnia	87,5	153,9	280,9	431,5	581,9	588,0	592,1	522,5	331,3	205,7	97,0	67,2
Maksimum	106,1	185,5	327,3	506,3	671,1	662,3	727,3	589,3	406,5	240,7	111,9	78,9
Minimum	75,0	130,7	237,2	368,8	453,8	484,6	439,4	456,3	263,7	151,7	80,6	59,9
Toruń												
Średnia	74,7	129,1	273,0	426,2	581,3	579,7	589,0	511,2	313,3	192,0	78,6	52,9
Maksimum	92,1	166,5	339,5	523,0	669,9	664,6	754,5	563,7	407,9	227,3	103,3	63,3
Minimum	49,2	101,6	211,9	354,1	497,9	505,8	416,9	454,3	254,6	158,7	63,3	40,6
Warszawa												
Średnia	76,3	112,0	270,4	402,9	594,0	602,3	613,0	530,3	320,0	191,7	81,9	53,8
Maksimum	89,3	148,0	328,1	469,6	648,7	680,8	768,6	583,4	409,5	234,8	102,4	67,7
Minimum	50,5	23,4	226,2	355,2	509,8	532,8	449,9	493,9	227,4	162,7	71,0	42,2
REGION POŁUDNIOWO-WSCHODNI <i>SOUTH-EAST REGION</i>												
Puławy												
Średnia	77,9	119,9	257,6	377,6	568,1	578,7	577,1	481,2	308,3	191,9	87,3	56,7
Maksimum	95,6	167,3	301,4	459,6	614,1	685,6	723,8	565,2	372,1	235,2	105,6	68,2
Minimum	62,4	98,3	142,3	331,9	455,6	478,1	427,6	435,1	190,9	163,4	64,3	43,4
REGION SUDECKI <i>SUDETC REGION</i>												
Kłodzko												
Średnia	90,6	155,4	267,9	401,6	542,7	536,1	541,3	487,4	306,6	190,2	91,6	68,8
Maksimum	98,0	224,3	321,6	503,9	652,5	666,3	679,3	571,1	389,7	232,3	107,6	86,2
Minimum	76,7	122,3	193,6	351,4	402,0	469,5	408,5	354,9	210,1	156,6	73,5	59,3
REGION KARPACKI <i>CARPATHIAN REGION</i>												
Bielsko-Biała												
Średnia	103,5	156,8	282,3	402,3	520,7	543,1	567,7	502,8	327,1	204,8	107,5	77,5
Maksimum	112,3	175,1	330,3	478,6	678,8	668,4	712,0	553,2	416,8	248,3	127,4	96,8
Minimum	90,0	135,8	230,0	335,6	391,7	463,5	447,4	420,9	198,1	169,5	85,6	51,1
Zakopane												
Średnia	115,0	179,3	307,3	394,5	478,8	496,7	496,4	446,5	307,1	213,7	117,7	81,0
Maksimum	127,6	193,7	358,8	460,2	581,0	546,3	641,2	531,3	382,3	262,1	124,9	104,1
Minimum	91,1	138,8	250,5	333,1	333,5	420,8	373,3	381,6	171,6	168,1	106,8	67,8
Kasprowy Wierch												
Średnia	147,9	220,0	370,8	478,3	532,8	501,2	489,6	444,1	329,4	242,8	138,9	108,6
Maksimum	179,7	247,2	420,2	569,5	607,2	605,9	680,5	572,6	404,2	310,7	182,2	142,9
Minimum	120,0	171,7	310,8	394,1	427,0	424,1	355,4	355,6	245,8	178,0	87,4	75,0
Lesko												
Średnia	108,8	163,9	291,6	400,0	530,2	552,0	555,2	492,0	325,3	209,8	114,9	85,6
Maksimum	126,4	197,1	360,3	486,6	701,2	628,6	710,2	555,1	389,3	277,2	141,0	108,8
Minimum	86,3	134,6	251,2	336,0	374,6	480,7	462,4	426,9	202,8	151,2	95,6	62,4

English explanations of the characteristics	
Średnia	Mean
Maksimum	Maximum
Minimum	Minimum

* Wszystkie przedstawione tabele są oryginalne i zostały opracowane na potrzeby tej publikacji, chyba że zaznaczono inaczej.

W latach 1991–2000 przebieg sum miesięcznych promieniowania całkowitego na obszarze Polski był bardzo zróżnicowany. W tabeli 2.1 przedstawiono wartość średniej sumy miesięcznej oraz wartości maksymalne i minimalne K_{glob} w badanym

wielolecie dla każdej ze stacji reprezentujących poszczególne regiony bioklimatyczne. Wyraźnie zaznacza się zależność promieniowania słonecznego od wysokości Słońca nad horyzontem w poszczególnych miesiącach. Dodatkowym czynnikiem modelującym przebieg całkowitego promieniowania w ciągu roku jest cyrkulacja atmosferyczna, szczególnie na obszarach nadmorskich oraz górskich. W skali lokalnej ilość energii słonecznej docierającej do powierzchni ziemi w dużej mierze jest zależna od warunków meteorologicznych, a w szczególności masy powietrza i zachmurzenia (Kozuchowski 2011). Dlatego obserwuje się duże wahania z dnia na dzień w przebiegach dobowych sum promieniowania słonecznego (ryc. 2.3). W przebiegu rocznym najmniejsze średnie sumy dzienne promieniowania słonecznego występują w grudniu, największe zaś w czerwcu i lipcu. Od tego schematu odbiegają nieco warunki na stacji na Kasprowym Wierchu, gdzie największe średnie sumy notowane są w maju.

Zarówno w Kołobrzegu, jak i w Gdyni, najmniejsze sumy miesięczne promieniowania całkowitego rejestrowano w grudniu. Wynosiły odpowiednio $42,9 \text{ MJ}\cdot\text{m}^{-2}$ i $46,8 \text{ MJ}\cdot\text{m}^{-2}$ (tab. 2.1). Najmniejszą średnią miesięczną sumę w grudniu zanotowano w 1997 r. – $31,8 \text{ MJ}\cdot\text{m}^{-2}$. Największe sumy w tym regionie były notowane w lipcu, a ich wartości były bardzo zbliżone na rozpatrywanych stacjach (Kołobrzeg – $614,4 \text{ MJ}\cdot\text{m}^{-2}$, Gdynia – $612,2 \text{ MJ}\cdot\text{m}^{-2}$). Średnia suma promieniowania w grudniu stanowi zaledwie 1,1–1,2% sumy rocznej w tym regionie, natomiast największy udział – 16,3% sumy rocznej – przypada na lipiec. Notowane w tym regionie wartości sum miesięcznych całkowitego promieniowania słonecznego należą do najwyższych w Polsce. Dla porównania: najwyższa suma miesięczna w Gdyni zanotowana w lipcu 1994 r. wynosiła $803,9 \text{ MJ}\cdot\text{m}^{-2}$, podczas gdy w Zakopanem zaledwie $641,2 \text{ MJ}\cdot\text{m}^{-2}$.

W Regionie Nadmorskim średnie sumy dobowe promieniowania słonecznego wahały się od $1,5 \text{ MJ}\cdot\text{m}^{-2}$ w grudniu do blisko $20 \text{ MJ}\cdot\text{m}^{-2}$ w czerwcu. Najmniejsze wartości obserwowane były od grudnia do lutego i często wynosiły niewiele ponad $0,2 \text{ MJ}\cdot\text{m}^{-2}$. Największe wartości notowane od maja do lipca osiągały $30 \text{ MJ}\cdot\text{m}^{-2}$ (ryc. 2.3).

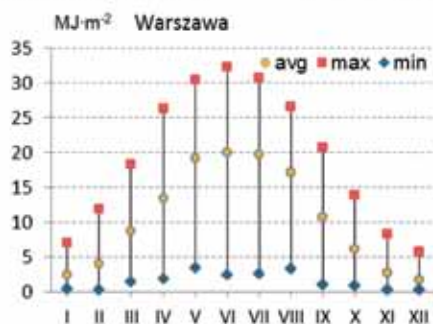
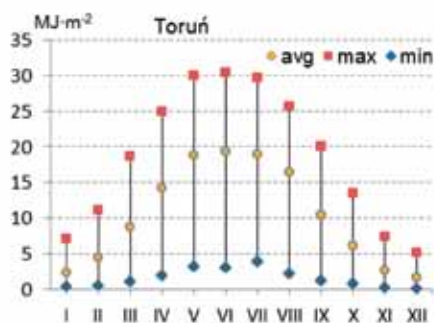
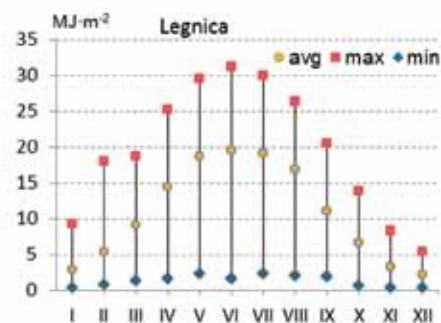
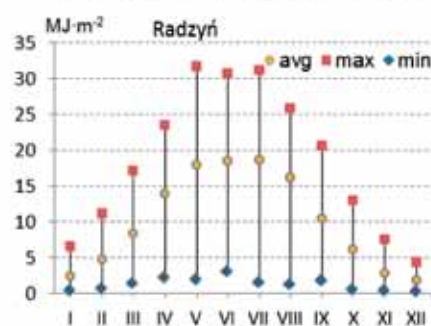
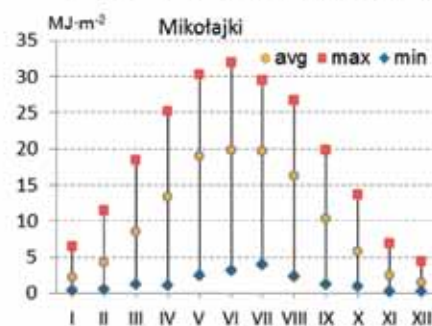
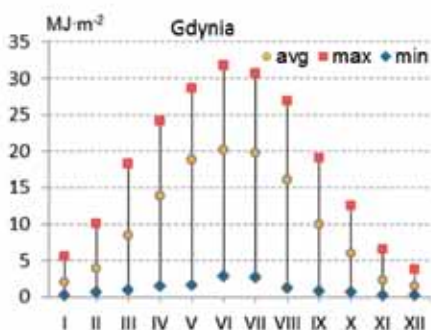
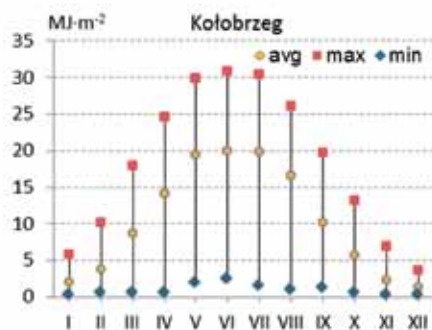
Z powodu niewielkiej liczby stacji aktynometrycznych zlokalizowanych na północy Polski, regiony Pojezierny i Północno-wschodni reprezentuje jedna stacja – w Mikołajkach. Jednak notowane tam zarówno przebieg roczny sum miesięcznych promieniowania całkowitego, jak i sumy dobowe nie odbiegają od obserwowanych w Kołobrzegu i Gdyni. Zbliżony jest również udział poszczególnych sum miesięcznych w sumie rocznej – od 1,2% w grudniu do 16,2% w lipcu (tab. 2.1, ryc. 2.3).

Największy region bioklimatyczny – Centralny, reprezentowany przez 4 stacje prowadzące pomiar promieniowania słonecznego, charakteryzują mało zróżnicowane sumy promieniowania słonecznego. W stosunku do regionów położonych na północy kraju, średnio notowane były tu większe sumy promieniowania w grudniu (od $52,9 \text{ MJ}\cdot\text{m}^{-2}$ w Toruniu do $67,2 \text{ MJ}\cdot\text{m}^{-2}$ w Legnicy), a mniejsze w miesiącach o najkorzystniejszych warunkach solarnych (w lipcu od $577,7 \text{ MJ}\cdot\text{m}^{-2}$ w Radzynie)

do $613 \text{ MJ}\cdot\text{m}^{-2}$ w Warszawie). W Regionie Centralnym latem największe wartości sum dobowych promieniowania notowano na stacji Warszawa-Okęcie – w czerwcu średnio $20,1 \text{ MJ}\cdot\text{m}^{-2}$. W Toruniu i Legnicy były nieco mniejsze i wynosiły odpowiednio $19,3$ oraz $19,6 \text{ MJ}\cdot\text{m}^{-2}$, najmniejsze zaś były na zachodzie regionu – w Radzynie, gdzie w lipcu wynosiły zaledwie $18,6 \text{ MJ}\cdot\text{m}^{-2}$ (ryc. 2.3). Najmniejsze wartości sum dziennych promieniowania słonecznego obserwowano w grudniu, przy czym na stacjach w Warszawie, Radzynie i Toruniu były one zbliżone i wynosiły około $1,7 \text{ MJ}\cdot\text{m}^{-2}$, zaś w Legnicy były najwyższe i przekraczały $2,1 \text{ MJ}\cdot\text{m}^{-2}$.

W Regionie Południowo-wschodnim reprezentowanym przez stację w Puławach, w okresie od wiosny do jesieni obserwowano warunki słoneczne zbliżone do tych, jakie panują w Regionie Centralnym. Wynika to w głównej mierze ze zbliżonych warunków astronomicznych (wysokości Słońca nad horyzontem). W lipcu sumy miesięczne promieniowania całkowitego wynosiły około $577 \text{ MJ}\cdot\text{m}^{-2}$. Wyraźne różnice między Regionem Południowo-wschodnim a regionami leżącymi na północ od niego dostrzegane są w miesiącach zimowych, zwłaszcza w grudniu i styczniu. W Puławach średnia suma w grudniu wynosiła około $57 \text{ MJ}\cdot\text{m}^{-2}$, a w styczniu $78 \text{ MJ}\cdot\text{m}^{-2}$. Średnia suma dobową promieniowania w grudniu przekraczała $1,8 \text{ MJ}\cdot\text{m}^{-2}$, podczas gdy w Warszawie osiągała wartość $1,7 \text{ MJ}\cdot\text{m}^{-2}$. W Puławach różnica pomiędzy sumą miesięczną całkowitego promieniowania słonecznego w grudniu i lipcu wynosiła $520,4 \text{ MJ}\cdot\text{m}^{-2}$, podczas gdy w Warszawie aż $559 \text{ MJ}\cdot\text{m}^{-2}$ (tab. 2.1, ryc. 2.3).

Region Karpacki reprezentowany jest przez stacje w Bielsku-Białej, Zakopanem, Lesku i na Kasprowym Wierchu, przy czym ta ostatnia jest stacją wysokogórską. D wpływ energii słonecznej w ciągu roku w Regionie Karpackim jest bardzo nierównomierny i w przebiegu rocznym odbiega od reszty kraju. Najwyższe sumy miesięczne na stacji w Bielsku-Białej i Lesku notowane były w lipcu, natomiast w Zakopanem – w czerwcu, a na Kasprowym Wierchu – w maju. Na stacji na Kasprowym Wierchu w przebiegu rocznym sum miesięcznych promieniowania słonecznego zaznacza się wyraźna deformacja, spowodowana regionalnymi i lokalnymi czynnikami cyrkulacyjnymi, przede wszystkim wzrostem zachmurzenia konwekcyjnego w okresie letnim. Największe sumy notowane były w maju – $532,8 \text{ MJ}\cdot\text{m}^{-2}$. Energia otrzymywana w tym miesiącu w okolicach Kasprowego Wierchu stanowiła aż $13,3\%$ sumy rocznej, podczas gdy w lipcu wynosiła $12,2\%$ sumy rocznej. Największa suma miesięczna – $607,2 \text{ MJ}\cdot\text{m}^{-2}$ – została zanotowana w maju 1992 roku. Na Kasprowym Wierchu w miesiącach zimowych notowano największe w kraju wartości sum miesięcznych promieniowania. Średnia wartość z wielolecia 1991–2000 w styczniu wynosiła aż $147,9 \text{ MJ}\cdot\text{m}^{-2}$. Największe wartości sum promieniowania słonecznego latem obserwowane były na stacji w Bielsku-Białej – $567,7 \text{ MJ}\cdot\text{m}^{-2}$, nieznacznie niższe – w Lesku. W Zakopanem oraz w Lesku charakterystyczna jest też bardzo mała różnica sum miesięcznych promieniowania całkowitego pomiędzy lipcem i czerwcem, wynosząca odpowiednio $0,3$ i $3,0 \text{ MJ}\cdot\text{m}^{-2}$ (tab. 2.1).



*Dalsza część książki dostępna w wersji
pełnej.*

