

JAKUB SOROKA

KLIMAT GORZOWA

Jakub Soroka

Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej
Państwowy Instytut Badawczy
Warszawa 2024



SERIA PUBLIKACJI NAUKOWO-BADAWCZYCH IMGW-PIB

KLIMAT GORZOWA

Autor

Jakub Soroka, E. jakub.soroka@imgw.pl

IMGW-PIB/ Centrum Hydrologiczno-Meteorologicznej Sieci Pomiarowo-Obserwacyjnej

Recenzent

prof. dr hab. Krzysztof Migala

Opracowanie redakcyjne

Rafał Stepnowski

Opracowanie graficzne i techniczne

Michał Seredin

ISBN: 978-83-64979-52-1

Wydawca

Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej – Państwowy Instytut Badawczy

01-673 Warszawa, ul. Podleśna 61, E. content@imgw.pl

Redaktor Wydawniczy/Publishing Editor

Rafał Stepnowski, E. rafal.stepnowski@imgw.pl

SPIS TREŚCI

PRZEDMOWA	7
WSTĘP	9
Lokalizacja stacji meteorologicznej	9
Materiały źródłowe	11
Badania klimatu Gorzowa	13
ŚRODOWISKO PRZYRODNICZE GORZOWA I OKOLIC	17
CHARAKTERYSTYKA KLIMATU GORZOWA	19
Czynniki kształtujące klimat miasta	19
Klimat Gorzowa na tle klimatu Polski	22
Promieniowanie słoneczne	24
Usłonecznienie	27
Temperatura powietrza	32
Wilgotność powietrza	48
Zachmurzenie	55
Opady atmosferyczne i parowanie	63
Pokrywa śnieżna	76
Ciśnienie atmosferyczne	81
Wiatr	86
Zjawiska meteorologiczne	95
Bioklimat Gorzowa	109
Fenologiczne pory roku	112
Zróżnicowanie przestrzenne klimatu Gorzowa	115
Osobliwości pogody i klimatu w rejonie Gorzowa	127
Nadzwyczajne zjawiska pogodowe w powojennym Gorzowie	145
Przebieg temperatury powietrza (1874-2020)	155
PODSUMOWANIE	159
EKSTREMALNE WARTOŚCI WYBRANYCH ELEMENTÓW METEOROLOGICZNYCH	161
LITERATURA	164

Klimat Gorzowa dedykuję pamięci
Ryszarda Popiela (1965-2020),
wieloletniego kierownika stacji
meteorologicznej w Gorzowie.

To On zachęcał mnie
do rozwoju i prowadzenia
prac badawczych, a w szczególności
zainspirował do opracowania tej monografii.

Dzięki Jego nieprzeciętnym zdolnościom do
tworzenia i pielęgnacji relacji międzyludzkich,
na stacji meteorologicznej w Gorzowie udało się
stworzyć zaangażowany zespół pracowników,
dla których praca stała się pasją i przyjemnością.

PRZEDMOWA

Przypadająca na ten rok, 150. rocznica regularnych spostrzeżeń meteorologicznych w Gorzowie jest stosowną okazją do przyjrzenia się warunkom klimatycznym miasta, tym bardziej, że przez półtora wieku gród nad Wartą, którego historia sięga ponad 760 lat, nie doczekał się szerszej analizy klimatu. Stacja meteorologiczna w Gorzowie rozpoczęła działalność w roku 1874 i funkcjonuje niemal nieprzerwanie do dziś. W Polsce nie ma zbyt wielu miast mogących poszczycić się tak długą serią pomiarową, zwłaszcza, że obserwacje były prowadzone przez różne instytucje należące do trzech państw.

Okolicznością zachęcającą do podjęcia tematu była wydana w 2020 r. praca Grzegorza Urbana *Klimat Zielonej Góry* poświęcona drugiej ze stolic województwa. Z kolei za metodyczną inspirację posłużyła kompleksowa monografia *Klimat Krakowa w XX wieku* z 2007 r., pod redakcją Doroty Matuszko. Wartością dodaną *Klimatu Gorzowa*, w odróżnieniu od podobnych opracowań klimatologicznych, jest spojrzenie autora – gorzowianina i wieloletniego obserwatora meteorologicznego stacji meteorologicznej IMGW-PIB w Gorzowie. Takie ujęcie pozwala dostrzec i nakreślić specyfikę warunków pogodowych w rejonie miasta, których nie sposób wychwycić posługując się wyłącznie surowymi danymi liczbowymi, jak to czynią „wytrawni” klimatolodzy. Doświadczenie autora w prowadzeniu obserwacji meteorologicznych oraz codzienny kontakt z przyrządami i metodami pomiarowymi pozwala krytycznie spojrzeć na długoletnie serie pomiarowe i łatwiej dostrzec nieprawidłowości niedające się wychwycić w standardowych procesach kontroli jakości danych.

Czytelnikom należy się wyjaśnienie dotyczące nazwy miasta. W tytule i treści pracy celowo użyto miana „Gorzów” zamiast urzędowego brzmienia „Gorzów Wielkopolski”. Wprowadzony w 1946 r. w oficjalnej nazwie przymiotnik „wielkopolski” wniósł chaos lokalizacyjny. Określenie to nie ma uzasadnienia geograficznego, historycznego i administracyjnego. Ziemia gorzowska, podobnie jak terytoria przyłączone po II wojnie światowej do Polski, cechują się odmiennym od Wielkopolski zakorzeniem społecznym. Uwzględniając kryteria polityczne, osadnicze i geograficzne, ziemia gorzowska oraz Wielkopolska są regionami oddzielonymi granicą najwyższego szczebla w hierarchii najnowszej regionalizacji politycznogeograficznej współczesnej Polski; leżą w odrębnych megaregionach nazwanych odpowiednio Nowopolską i Staropolską [*Geograficzno-polityczny atlas Polski...* 2022]. Paradoks nazewniczy miasta zaznacza się szczególnie w kontekście obowiązującego podziału administracyjnego kraju i znajdującym się tu Lubuskim Urzędzie Wojewódzkim w Gorzowie Wielkopolskim. Zastosowany zabieg skrócenia określenia miasta w tej pracy, to również skromny głos autora w bieżącej dyskusji na temat jego obowiązującej nazwy.

Przykrym wydarzeniem w blisko półtorawiecznej historii gorzowskiej stacji meteorologicznej był 1 stycznia 2021 r., kiedy ograniczono program badawczy placówki z jednoczesnym uszczupleniem liczby obserwatorów. Jest to element długofalowej modernizacji służby pomiarowo-obszaryjnej, polegającej na stopniowym zmniejszaniu roli obserwatorów meteorologicznych na rzecz automatyzacji pomiarów. Skutkowało to zaprzestaniem wykonywania nocnych obserwacji meteorologicznych w Gorzowie. Tym samym została zerwana wyjątkowo cenna w skali kraju, bo nieprzerwana, 75-letnia seria całodobowych spostrzeżeń meteorologicznych. Począwszy od 2021 r. brakuje rzetelnych, porównywalnych z poprzednim okresem, danych klimatologicznych opartych na spostrzeżeniach wizualnych. Jednocześnie zwiększyło się prawdopodobieństwo przerwania ciągłości serii pomiarowych parametrów mierzonych przyrządami automatycznymi. Publikacja ta podsumowuje zatem zakończony już kilkudziesięcioletni okres całodobowych obserwacji wizualnych.

Klimat Gorzowa jest również efektem pasji autora do obserwacji i analizy zjawisk zachodzących w atmosferze. Wiele wniosków zawartych w dalszej części książki to pokłosie blisko 30-letnich spostrzeżeń meteorologicznych prowadzonych w mieście i najbliższych okolicach. Były to zarówno pomiary wykonywane w ramach obowiązków służbowych, jak i prace prowadzone w czasie wolnym. Te drugie obejmują m.in. regularne obserwacje w różnych punktach miasta, serie patrolowych pomiarów w okolicy, dokumentację opisową i fotograficzną zjawisk meteorologicznych oraz kwerendę w zakresie historii obserwacji meteorologicznych w Gorzowie.

Klimat Gorzowa powstał z myślą o szerokiej grupie odbiorców zainteresowanych środowiskiem przyrodniczym miasta i okolic – nauczycielach, uczniach, studentach, urbanistach, przyrodnikach, rolnikach, ogrodnikach, regionalistach. Praca może służyć również klimatologom jako źródło do badań porównawczych oraz wskazówek metodycznych.

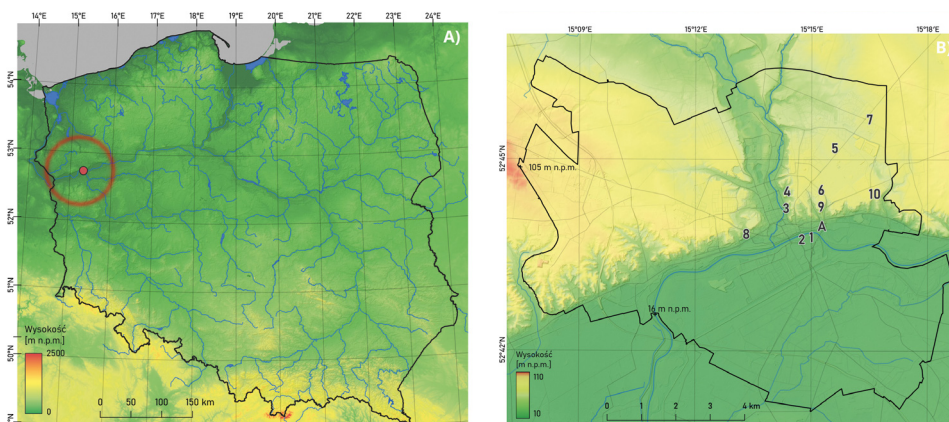
Książka nie powstałaby, gdyby nie liczne grono chętnych do pomocy osób, do których kieruję słowa wdzięczności. Dzięki nieocenionej, niedocenionej i sumiennej pracy dotychczasowych pracowników stacji w Gorzowie powstał cenny materiał badawczy będący absolutną podstawą tej monografii. Szczególne podziękowania przekazuję tym obserwatorom meteorologicznym, którzy podzielili się ze mną bezcennymi spostrzeżeniami prowadzonymi zarówno na dyżurach, jak i poza nimi. Jestem zobowiązany pracownikom IMGW-PIB za udostępnienie archiwalnych danych i pomoc w ich interpretacji, w szczególności dziękuję Paniom: dr Małgorzacie Kępińskiej-Kasprzak, mgr Monice Hajto, mgr Annie Jurczyk i mgr Aleksandrze Kowalskiej.

WSTĘP

Gorzów (oficjalnie Gorzów Wielkopolski) położony jest w środkowo-zachodniej części Polski, w województwie lubuskim, ok. 40 km od granicy z Niemcami. Miasto w 2021 r. zamieszkiwało 122,6 tys. mieszkańców (29. miejsce w Polsce), a jego powierzchnia wynosiła 85,7 km² (36. miejsce w Polsce).

Lokalizacja stacji meteorologicznej

Regularne pomiary meteorologiczne w Gorzowie (do 1945 r. pod nazwą *Landsberg an der Warthe*) zostały zapoczątkowane 1 marca 1874 r. Od tego czasu stacja meteorologiczna działała w dziesięciu lokalizacjach. Największa odległość między punktami nie przekraczała 5 km, ale leżały one w obrębie dwóch różnych form terenu – od dna doliny Warty (22 m n.p.m.) aż po krawędź wysoczyzny (71 m n.p.m.). To sprawia, że stacje reprezentowały klimat różnych form terenu, a przez to część danych meteorologicznych jest nieporównywalna. Historię obserwacji meteorologicznych w Gorzowie znaleźć można w publikacjach Miętusa i Wielbińskiej [1999] oraz Soroki [2019].



Rysunek 1. Położenie Gorzowa i ziemi gorzowskiej na tle Polski (A) oraz lokalizacja stacji meteorologicznych w Gorzowie w latach 1874-2020 (B).

Zasadniczym źródłem pomiarów i obserwacji meteorologicznych wykorzystanych w tej publikacji, o ile w tekście nie wskazano inaczej, jest Stacja Hydrologiczno-Meteorologiczna należąca do Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej – Państwowego Instytutu Badawczego (IMGW-PIB; przed 1973 r. do Państwowego Instytutu Hydrologiczno-Meteorologicznego). W powojennej historii placówka funkcjonowała bez przerwy, w trybie synoptycznym, całodobowym, z etatową kadrą obserwatorów meteorologicznych. W latach 1945-2020 stacja meteorologiczna (synoptyczna) w Gorzowie funkcjonowała w trzech lokalizacjach. Wspólną cechą ich położenia jest usytuowanie w obrębie południowej krawędzi Równiny Gorzowskiej, kilkadziesiąt metrów ponad dnem doliny Warty. Punkt pomiarowy w latach 1945-1954 (nr 8 na rys. 1b) był umiejscowiony najniżej, tj. 29 m ponad lustrem Warty, w środkowo-zachodniej części miasta. Położenie dwóch stacji działających w latach 1954-1974 (nr 9) i 1974-2020 (nr 10) było podobne, tj. we wschodniej części miasta, kilkadziesiąt

metrów na północ od wyraźnie zarysowanej krawędzi wysoczyzny i około 50 m ponad dnem doliny Warty. Takie usytuowanie punktów pomiarowych w latach 1945-2020 oraz przeprowadzone w dalszych rozdziałach analizy porównawcze w latach 1954-1955 pozwalają uznać powojenną serię obserwacyjną za jednorodną ze względu na położenie stacji.

W okresie 1946-1960, równoległe do stacji meteorologicznej PIHM w Gorzowie, funkcjonował posterunek klimatologiczny prowadzony przez Instytut Uprawy, Nawożenia i Gleboznawstwa (do 1950 r. przez Państwowy Instytut Naukowy Gospodarstwa Wiejskiego). Punkt zlokalizowany był w obrębie dna doliny Warty, zaledwie 200 m od koryta rzeki (lokalizacja A na rys. 1b). Dane z tego posterunku wykorzystano do stworzenia serii porównawczej z danymi ze stacji PIHM w lokalizacji nr 9, odległej o ok. 600 m, ale położonej 35 m wyżej, na krawędzi wysoczyzny.

Ponieważ od 1945 r. stacje meteorologiczne w Gorzowie lokowane były na pograniczu dwóch makroregionów fizycznogeograficznych (Pradoliny Toruńsko-Eberswaldzkiej i Pojezierza Południowopomorskiego), to z klimatologicznego punktu widzenia dane stąd pozyskane są reprezentatywne dla stosunkowo wąskiej strefy krawędziowej. Nie oddają one w pełni ani klimatu pojezierza, ani tym bardziej klimatu dna doliny Warty, ze względu na inaczej kształtujące się warunki termiczno-wilgotnościowe oraz wiatrowe. Z drugiej strony, położenie stacji na eksponowanej górnej krawędzi stoku sprzyja prowadzeniu wizualnych obserwacji stanu atmosfery o dalekim zasięgu, co jest korzystne z synoptycznego punktu widzenia.

Tabela 1. Lokalizacje stacji meteorologicznej w Gorzowie w latach 1874-2020.

Lokalizacja na rys. 1B	Funkcjonowanie stacji		Adres (współczesny)	Współrzędne geograficzne ogródka meteorologicznego		H _s
	od	do				
1	01.03.1874	30.06.1875	Wał Okrężny 31	52°43'47"N	15°15'00"E	22
2	01.07.1875	30.06.1877	Wał Okrężny 14	52°43'45"N	15°14'44"E	23
3	01.07.1877	28.04.1880	Drzymały 23	52°44'13"N	15°14'20"E	29
4	28.04.1880	30.06.1892	Wyszyńskiego 12	52°44'18"N	15°14'18"E	31
5	01.07.1892	31.03.1922	Walczaka 42	52°45'11"N	15°15'36"E	67
6	01.04.1922	31.07.1944	Dywizjonu 303	52°44'20"N	15°15'20"E	68
7	01.08.1944	01.03.1945	Walczaka 47	52°45'38"N	15°16'30"E	68
8	01.11.1945	30.04.1954	Chyża 4	52°43'50"N	15°13'20"E	47
9	01.05.1954	21.11.1974	Okólna 35	52°44'18"N	15°15'14"E	65
10	21.11.1974	obecnie	Sybiraków 10	52°44'28"N	15°16'38"E	71
A	15.11.1946	31.12.1960	Warszawska 68	52°44'00"N	15°15'15"E	30



Rysunek 2. Stacja Hydrologiczno-Meteorologiczna IMGW-PIB w Gorzowie (lokalizacja nr 10, u dołu zdjęcia), widok w kierunku SE; w górnej części zdjęcia po lewej widoczna zalesiona wysoczyzna opadająca krawędzią ku dolinie Warty (po prawej). Fot. Jakub Sawicki.

Materiały źródłowe

Przez blisko 150 lat, oprócz zmian lokalizacji stacji, modyfikacjom ulegały również metody pomiarowo-obszaryjne i obliczeniowe, zaburzając w ten sposób jednorodność serii pomiarowej. Wymienione czynniki sprawiły, że nie zdecydowano się wykorzystać danych meteorologicznych z całego okresu działalności placówki pomiarowej. Wyjątkiem jest, zaprezentowany jedynie poznawczo i jako ciekawostka, przebieg średniej miesięcznej i rocznej temperatury powietrza w całym 147-letnim okresie funkcjonowania stacji (rozdział Przebieg temperatury powietrza 1874-2020). Oprócz tego priorytetem było uzyskanie najdłuższego ciągu pomiarowego przy zachowaniu możliwie największej kompletności danych i ich jednorodności wynikającej m.in. z położenia stacji, używanych przyrządów, liczby i terminów obserwacji. W niektórych przypadkach (np. prędkość wiatru) świadomie opublikowano dane niejednorodne, ale opatrząc je stosownym komentarzem będącym wskazówką i przestrożą dla analizujących serie pomiarowe bez zapoznania się z warunkami terenowymi i wcześniejszymi metodami pomiarowymi. Po analizie dostępnych materiałów obserwacyjnych do zasadniczej części opracowania, dla różnych elementów meteorologicznych wybrano różne okresy pomiarowe:

- 1951-2020 (70 lat) – temperatura powietrza, wilgotność powietrza, suma opadów atmosferycznych, grubość pokrywy śnieżnej, zachmurzenie (dni charakterystyczne);
- 1955-2020 (66 lat) – usłonecznienie;
- 1966-2020 (55 lat) – ciśnienie atmosferyczne, kierunek i prędkość wiatru, wielkość i rodzaj zachmurzenia, zjawiska meteorologiczne.

Wymienione serie danych powstały na bazie wyników pomiarów i obserwacji meteorologicznych prowadzonych zgodnie z wytycznymi IMGW-PIB [*Instrukcja dla stacji...* 1988, 2015] oraz Światowej Organizacji Meteorologicznej [WMO 2021].

Dane pomiarowe niektórych elementów meteorologicznych były od przełomu XX i XXI w. pozyskiwane i archiwizowane z coraz lepszą rozdzielczością czasową, godzinową a nawet minutową. Umożliwiło to przyjrzenie się przebiegom niektórych parametrów w skali doby – to zagadnienie jest rzadko poruszane w monografiach klimatologicznych. Uzupełniająco zamieszczono wybrane wartości ekstremalne od 1874 r. Szczegółowe informacje o metodyce pomiarów, obserwacji i obliczeń zostały podane przy analizie poszczególnych elementów meteorologicznych.

Podstawowym źródłem danych meteorologicznych od 1951 r. były zestawienia wartości terminowych i dobowych z Centralnej Bazy Danych Historycznych IMGW-PIB. Część z nich została udostępniona publicznie w formie elektronicznej na stronie <https://danepubliczne.imgw.pl>. Oryginalne dane terminowe były zestawione w czasie uniwersalnym (obecnie UTC, przed rokiem 1996 GMT), natomiast w treści pracy – o ile nie zaznaczono inaczej – dane zaprezentowano w czasie urzędowym. W celu weryfikacji danych oraz uzupełnienia i uszczegółowienia informacji wykorzystano również: miesięczne wykazy spostrzeżeń meteorologicznych, dzienniki do zapisywania wyników spostrzeżeń meteorologicznych dla potrzeb służby pogody (1951-1965) oraz dzienniki meteorologiczne (1966-2020). Oryginały dokumentów są przechowywane w Archiwum IMGW-PIB w Warszawie, część kopii zestawień jest archiwizowana na stacji w Gorzowie.

Do opisu przestrzennego zróżnicowania klimatu na obszarze miasta wykorzystano dane z posterunku klimatologicznego IUNG, który zlokalizowany był na dnie doliny Warty. Dodatkowo wykorzystano również serię porównawczą z okresu od maja 1954 r. do kwietnia 1955 r., przeprowadzoną z powodu zmiany położenia stacji PIHM (z lokalizacji nr 8 na 9). Dzięki temu powstały dwie unikatowe i nigdy nieopublikowane serie porównawcze, umożliwiające ocenę wpływu rzeźby terenu na warunki meteorologiczne Gorzowa. Dane z posterunku IUNG pozyskano z miesięcznych wykazów spostrzeżeń meteorologicznych przechowywanych w Archiwum IMGW-PIB w Warszawie.

W procesie przygotowania materiału pomiarowo-obserwacyjnego sporo uwagi poświęcono kontroli jakości danych meteorologicznych. Zgodnie z przepisami obowiązującymi w IMGW-PIB pierwszy etap sprawdzania poprawności materiału pomiarowego odbywa się na bieżąco na stacji meteorologicznej, następnie wyniki obserwacji są kontrolowane w Wydziale Baz Danych IMGW-PIB w Warszawie. Mimo tych czynności zdarza się, że pewne nieprawidłowości mogą się ujawnić dopiero po kilku miesiącach, a nawet latach. Wszystkie wykorzystane w *Klimacie Gorzowa* dane meteorologiczne zostały ponownie poddane kontroli jakości przez autora. Oprócz weryfikacji opartej na kryterium statystycznym i stwierdzeniu spójności czasowej danych, dokonano również analizy spójności przestrzennej w oparciu na danych z sąsiednich stacji meteorologicznych, zarówno polskich, jak i niemieckich. Wykrytym nieprawidłowościom i ewentualnym zastosowanym korektom poświęcono miejsce w odpowiednich rozdziałach.

W pracy zastosowano podstawowe parametry statystyczne obliczone w arkuszu kalkulacyjnym. Do zbadania wieloletnich przebiegów elementów meteorologicznych wykorzystano współczynnik korelacji r-Pearsona. Istotność statystyczną zweryfikowano w oparciu o rozkład współczynnika korelacji r-Pearsona na poziomie istotności 0,05.

Do stworzenia map wykorzystano: numeryczny model terenu udostępniony przez Geoportal Infrastruktury Informacji Przestrzennej Głównego Urzędu Geodezji i Kartografii [GUGiK 2023], model pokrycia i użytkowania terenu Urban Atlas 2018 opracowany w ramach projektu Copernicus – Land Monitoring Service przez European Environment Agency [UA2018 2023] oraz ogólnodostępną mapę podstawową OpenStreetMap [OSM 2023].

Badania klimatu Gorzowa

Pierwszym znanym badaczem pogody w mieście był dr Georg Kewitsch (do 1881 r. znany jako Georg Wiczorkewicz) – nauczyciel miejscowego gimnazjum, pasjonat nauk ścisłych i przyrodniczych, założyciel stacji meteorologicznej w Landsbergu an der Warthe. W swoich dwóch pracach, napisanych na podstawie własnych spostrzeżeń, zwracał uwagę na metodykę prowadzenia pomiarów meteorologicznych ze szczególnym naciskiem na sumiennosc obserwatora [Wiczorkewicz 1875; Kewitsch 1884]. Kewitsch opublikował po raz pierwszy charakterystyki klimatologiczne miasta z 10-letniego okresu pomiarowego i opisał wzajemne powiązania elementów meteorologicznych.

Pierwszy znany opis klimatu okolic Landsberga na tle klimatu Cesarstwa Niemieckiego zamieścił w monografii miasta i powiatu regionalista Pohl [1901]: „Region cechuje się klimatem umiarkowanym, o warunkach zbliżonych do klimatu nizinnej części północnych Niemiec ze średnią roczną temperaturą 8°C. Pogoda odznacza się tu sporą zmiennością, a najbardziej spokojnymi miesiącami są sierpień i wrzesień. Najcieplejszym miesiącem w roku jest lipiec, a najchłodniejszym styczeń (–20°C). Zimy rzadko bywają mroźne, wyjątkiem była np. zima 1900/1901. Warunki pogodowe są uzależnione od kierunków wiatru. Wiatry powstają wskutek różnic w nagrzewaniu się między dwoma miejscami. Wiatry zachodnie nadciągają z Oceanu Atlantyckiego, przez to zawierają dużo wilgoci, przynosząc najczęściej deszcz, śnieg i burze. Wiatry wschodnie docierające z Rosji oznaczają pogodę suchą oraz zimno. Wiatry południowe są ciepłe, w czasie przedwiośnia powodują odwilże. Wiatry północne zdarzają się rzadko, wiążą się z ochłodzeniem. Napływ zimnego powietrza, jakie przynoszą w maju wiatry z północy i wschodu, przyczynia się do występowania niebezpiecznych wiosennych przymrozków. Zwłaszcza często występują one w okresie od 11 do 13 maja, przyjęło się określać ten okres jako ‘zimni ogrodnicy’ - Mamertus, Pankratus i Servatius. Burze zdarzają się najczęściej wiosną i latem, zimowe burze są bardzo rzadkie. Na przełomie zimy i wiosny zdarzają się niekiedy nagle i obfite deszcze, jak np. w roku 1896”.

W okresie powojennym w pracach naukowych częściej analizowano klimat regionu (województwa, powiatu) niż samego miasta. W tych opracowaniach zagadnienia klimatologiczne przeważnie stanowiły rozdział lub fragment szerszych monografii, specjalistycznych opracowań, przewodników itp. O klimacie byłego województwa zielonogórskiego (w granicach z lat 1950-1975) pisał Januszewski [1961], opierając się głównie na danych z 40- i 50-lecia z przełomu XIX i XX wieku. Na wyróżnienie zasługuje przeprowadzona tam analiza przestrzennego zróżnicowania sumy opadów przeprowadzona na podstawie danych z lat 1881-1930 z blisko 90 stacji opadowych na terenie województwa. Przedwojenny zestaw danych meteorologicznych posłużył autorom do krótkiej charakterystyki klimatu byłego woj. gorzowskiego (w granicach z lat 1975-1998): *Warunki przyrodnicze...* [1985] i Król [1994].

A

Das erste Jahr der meteorologischen Station Landsberg a. d. W. 1874*)

Obwohl die Errichtung einer meteorologischen Station in Landsberg a. d. W., welche ich im Hinblick auf die günstige Lage des Ortes als Mittelstation zwischen Berlin, Frankfurt, Posen, Bromberg, Königs, Köslin, Stettin beim meteorologischen Institut in Berlin befürwortet hatte, von letzterem bereits im Jahre 1873 genehmigt worden war, so konnten mir doch die messenden Instrumente nicht sogleich übergeben werden, infolge dessen die regelmäßigen Beobachtungen erst mit dem 1. März, dem Anfang des meteorologischen Frühlings, begannen. Es schien mir nun nicht unangemessen, diese ersten Beobachtungen weiteren Kreisen zur Kenntnis zu bringen, und hoffe ich damit besonders den Bewohnern von Landsberg und Umgegend, welche für Wettererscheinungen Interesse haben, entgegenzukommen.

B

1874.	Monatsmittel.				Gang der Temperatur.	
	6 morgens.	2 nachmittags.	10 abends.	Mittel.	Wendungen im Lauf der Tagesmittel.	Durchgänge der Tagesmittel durch das Monatsmittel.
März	-0.01	5.01	1.86	2.29	14	5
April	4.93	9.98	6.26	7.08	14	8
Mai	5.14	11.55	6.68	7.79	8	5
Juni	11.00	17.52	11.85	13.46	10	8
Juli	13.14	20.35	14.75	16.08	12	10
August	9.87	16.39	11.39	12.55	18	7
September	9.15	17.32	11.45	12.64	12	6
Oktober	5.41	11.72	7.00	8.05	17	9
November	0.73	2.96	0.80	1.50	14	5
Dezember	-0.87	0.28	-0.87	-0.49	16	6
Frühling	3.34	8.83	4.92	5.70	36	18
Sommer	11.34	18.09	12.67	14.04	40	25
Herbst	5.10	10.68	6.42	7.40	43	20
10 Monate	5.85	11.31	7.12	8.14	135	69

C

Monats- und Jahresmittel der Wärme.

	J.	F.	M.	A.	M.	J.	J.	A.	S.	O.	N.	D.	Jahr.
1874	(0.7)	(0.3)	2.9	8.8	9.7	16.8	20.1	15.7	15.8	10.1	1.9	-0.6	(8.5)
1875	-0.1	-4.8	-0.3	7.0	13.3	18.7	19.0	19.5	13.4	6.4	1.7	-2.4	7.6
1876	-4.1	0.4	3.3	9.0	9.3	18.0	18.5	18.0	12.8	10.2	0.2	-1.5	7.8
1877	1.3	1.6	1.2	5.8	10.4	18.5	18.3	17.9	10.3	7.2	6.2	-0.7	8.3
1878	0.2	2.5	2.6	9.2	12.8	16.2	15.9	17.8	14.1	10.0	3.7	-0.5	8.7
1879	-4.0	-0.3	-0.2	6.2	11.4	16.7	16.0	17.8	14.5	7.9	0.8	-6.8	6.7
1880	-2.3	-0.8	2.2	(9.1)	11.2	16.5	18.1	17.0	14.1	(6.9)	(3.4)	(2.1)	8.2
1881	(-6.9)	-1.5	1.1	4.9	12.7	15.7	18.6	15.7	12.2	5.2	5.0	0.6	6.9
1882	1.2	2.1	6.2	7.5	11.4	14.7	18.5	16.1	14.9	7.5	3.1	-0.6	8.6
1883	-1.3	0.9	-2.2	4.9	12.1	16.7	18.2	16.3	14.3	9.1	4.2	1.0	7.8
1884	2.5	2.8											
10j. M.	-1.4	0.3	1.7	7.2	11.4	16.9	18.1	17.2	13.6	8.1	3.0	-0.8	(7.9)
Gr. M.	2.5	2.8	6.2	9.1	13.3	18.7	20.1	19.5	15.8	10.2	6.2	2.1	8.7
Kl. M.	-6.9	-4.8	-2.2	4.9	9.3	14.7	15.9	15.7	10.3	5.2	0.2	-6.8	6.7

Rysunek 3. Fragmety prac z wynikami obserwacji meteorologicznych Georga Kewitscha:

A - strona tytułowa, B - średnie miesięczne wartości temperatury powietrza (°R) w 1874 r.,

C - średnie i roczne wartości temperatury powietrza (°C) w latach 1874-1884.

Źródło: Wiczorkewicz 1875 (A, B); Kewitsch 1884 (C).

Szczegółowe badania wpływu warunków meteorologicznych na rolnictwo w byłym woj. zielonogórskim przeprowadzili Prawdzic i Koźmiński [1972]. Zespół ten wykorzystał dane z 16 stacji meteorologicznych, ale z krótszego, bo najwyżej 15-letniego okresu obserwacyjnego (1951-1965), z porównaniem i uzupełnieniem o dane sprzed 1945 r. Autorzy stworzyli pierwszy podział województwa na krainy klimatyczne, zgodnie z którym Gorzów leży w granicach krainy I (Pojezierze Myśliborskie) oraz krainy III (Pradolina Warty). Jedną z najbardziej wartościowych prac opublikował Prawdzic [1970], w której – obok wykorzystania standardowych obserwacji ze stacji – autor z zespołem przeprowadził pomiary patrolowe na obszarze Gorzowa i okolic. W wyniku badań powstał opis klimatu doliny dolnej Warty i Noteci uwzględniający zróżnicowanie mezoklimatyczne pradoliny i wysoczyzny.

Warunki klimatyczne doliny dolnej Warty w aspekcie możliwości produkcyjnych rolnictwa były przedmiotem badań Kerna [1969]. Wykorzystał on dane z lat 50. i 60. oraz porównawczo materiał z okresu 1881-1930. Cenną analizę zróżnicowania klimatycznego powiatu gorzowskiego (w granicach z lat 1962-1975) pod kątem potrzeb planowania przestrzennego przeprowadził Bubień [1975]. Autor z geograficznym wyczuciem stworzył szkic topoklimatów powiatu, a na obszarze Gorzowa wyróżnił pięć typów.

Z nowszych opracowań należy wymienić prace klimatologów, przeważnie z poznańskiego ośrodka naukowego, którzy dane z Gorzowa wykorzystali do opisu klimatu Niziny Wielkopolskiej lub Polski północno-zachodniej. Badania obejmowały m.in.: temperaturę powietrza [Kotońska, Tamulewicz 1990; Ewert 1997], kierunek i prędkość wiatru [Woś 1994a], opady atmosferyczne [Kotońska, Tamulewicz 1990; Kirschenstein 2005; Szyga-Pluta, Wojtkowiak 2019], opady gradu [Suwała 2011], burze [Kolendowicz 1994], pokrywę śnieżną [Bednorz 2001], usłonecznienie [Woś 1987]. Zagadnieniami klimatologicznymi Polski nizinnej w ujęciu kompleksowym zajmował się Woś [1994b].

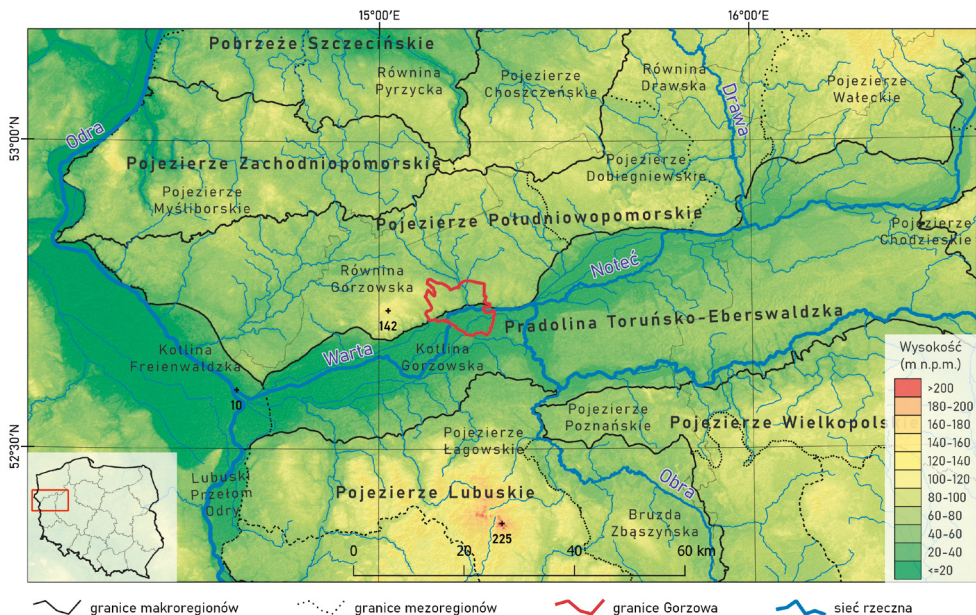
Zestawienia i związłą analizę wybranych danych meteorologicznych na terenie województwa lubuskiego (w tym ze stacji w Gorzowie) opracowano w IMGW-PIB [*Vademecum...* 2014]. W pracy tej, przeznaczonej w zamyśle dla służb zarządzania kryzysowego, przeanalizowano temperaturę powietrza, opady atmosferyczne, pokrywę śnieżną i niektóre zjawiska meteorologiczne z trzydziestolecia 1981-2010. Z kolei na bazie 35-letniej serii pomiarów (1981-2015) powstała krótka klimatologiczna charakterystyka województwa lubuskiego autorstwa Miszuka i Kasprowicza [2018], gdzie – obok szeregu statystyk z gorzowskiej stacji meteorologicznej – zamieszczono również dane ze Słubic i Zielonej Góry.

Warto wspomnieć pracę o wybranych elementach klimatu Gorzowa opartą na danych z lat 1981-2015 i wykonaną w ramach *Planu adaptacji do zmian klimatu Miasta Gorzowa Wielkopolskiego do roku 2030* [2019]. Autorzy skupili się tam na analizie parametrów oraz zjawisk niebezpiecznych i uciążliwych dla mieszkańców miasta wraz z prognozą ich zmian oraz opublikowali pierwszą mapę radiacyjnej temperatury powierzchni gruntu Gorzowa.

ŚRODOWISKO PRZYRODNICZE GORZOWA I OKOLIC

Ziemia gorzowska, rozumiana jako obszar w promieniu ok. 40-60 km od Gorzowa i w większości pokrywająca się z terenem byłego województwa gorzowskiego, znajduje się na Niziu Środkowoeuropejskim, a ściślej ujmując w podprovincji Pojezierzy Południobałtyckich [Solon i in. 2018]. Północną część ziemi gorzowskiej stanowią pojezierza pomorskie – Pojezierze Zachodniopomorskie (w tym wysoczyzny pagórkowate Pojezierza Myśliborskiego i Choszczeńskiego) oraz Pojezierze Południopomorskie (z piaszczystą Równiną Gorzowską i Drawską oraz wysoczyzną Pojezierza Dobiegniewskiego). Przeważa tu urozmaicona rzeźba terenu, wzgórza na wysoczyznach przekraczają wysokość 100 m n.p.m. (kulminacja 142 m n.p.m. na zachód od Gorzowa), występują duże powierzchnie leśne i liczne jeziora. W tej części regionu obserwuje się spadek temperatury powietrza w kierunku wschodnim z najchłodniejszą Równiną Drawską oraz wzrost rocznych sum opadów w kierunku północno-wschodnim. Południowe części wysoczyzn Pojezierza Południopomorskiego efektywnie opadają stromą krawędzią do Pradoliny Toruńsko-Eberswaldzkiej.

Środkową część ziemi gorzowskiej przecina z zachodu na wschód wspomniana pradolina, na tym odcinku zwana Kotliną Gorzowską. Najniżej położony teren znajduje się u ujścia Warty do Odry (10 m n.p.m.). Dnem kotliny płyną Warta i Noteć, występują tu tereny zalewowe, podmokłe, spora część obszaru jest użytkowana rolniczo. Wyższe terasy pradoliny na południe i na wschód od Gorzowa porastają kompleksy leśne. Dolina Odry oraz zachodnia część doliny Warty to regiony uprzywilejowane termicznie, średnie roczne wartości temperatury obniżają się w kierunku wschodnim. Kotliną Gorzowską otrzymuje najniższe sumy opadów w regionie.



Rysunek 4. Regionalizacja fizycznogeograficzna ziemi gorzowskiej (makroregiony i mezoregiony) wg podziału Solona i in. [2018].

Południową część regionu gorzowskiego obejmuje zróżnicowane krajobrazowo Pojezierze Lubuskie. Zasadniczą część tego regionu stanowi Pojezierze Łagowskie o dużej lesistości i znacznej liczbie jezior. Jest to najwyższy położony obszar byłego województwa gorzowskiego, wysoczyzna wznosi się tu znacznie ponad 100 m n.p.m., z kulminacją 225 m n.p.m. (wzgórze Bukowiec koło Łagowa – 40 km na południe od Gorzowa). Znajduje to odzwierciedlenie w warunkach klimatycznych tej okolicy – jest tu chłodniej niż w sąsiadujących dolinach Odry i Warty, a sumy opadów są wyraźnie wyższe. W zachodniej części Pojezierza Lubuskiego wydzielono Lubuski Przełom Odry, będący najcieplejszym obszarem ziemi gorzowskiej i uchodzący za najcieplejszy w Polsce (w Słubicach 30 lipca 1994 r. zanotowano 39,5°C, to absolutne maksimum temperatury powietrza w powojennej Polsce).

Południowo-wschodnią część ziemi gorzowskiej stanowi Bruzda Zbąszyńska ciągnąca się wzdłuż doliny Obry oraz Pojezierze Poznańskie rozpościerające się na południe od Warty powyżej Skwierzyny. W tym regionie roczne sumy opadów są niższe.

Rzeźba terenu Gorzowa charakteryzuje się – jak na warunki Polski nizinnej – znacznym urozmaiceniem. W obrębie granic miasta najniższy punkt leży w dolinie Warty (16 m n.p.m.), a najwyższy na zachodzie (105 m n.p.m.) – dzieli je w linii prostej 6 km. Przez obszar Gorzowa niemal równoleżnikowo przebiega wyrażna granica między dwoma makroregionami fizycznogeograficznymi. Zgodnie z regionalizacją Solona i in. [2018] południowa część miasta leży w Pradolinie Toruńsko-Eberswaldzkiej, a ściślej w mezoregionie Kotliny Gorzowskiej. Teren tutaj jest płaski, o wysokości ok. 20 m n.p.m., lustrzo Warty osiąga rzędne ok. 16-18 m n.p.m. Przeważają obszary zalewowe, łąki, nieużytki, pola uprawne, miejscami rozlokowały się również tereny przemysłowe i zabudowa mieszkaniowa o charakterze przeważnie luźnym. W dolinie Warty leży cała lewo-brzeżna część miasta z dzielnicami: Zamoście, Zakanale, Zieleniec, Siedlice, Karnin. Na prawym brzegu rzeki w obrębie kotliny leżą Wieprzyce, a na wyższej terasie – Śródmieście.

Północna część Gorzowa znajduje się w mezoregionie Równiny Gorzowskiej będącej częścią makroregionu Pojezierza Południowopomorskiego. Bartkowski [1968] w strefie krawędziowej wyróżnia dodatkowo Wysoczyznę Gorzowską obejmującą północną połowę miasta z najbliższą okolicą. Rejon ten odznacza się większym zróżnicowaniem terenu, rzędne osiągają 50-80 m n.p.m., a przy granicy z Baczyną przekraczają 90 m n.p.m. Północna część Gorzowa jest podzielona przez, południkowo biegnącą, dolinę rzeki Kłodawki, uchodzącej do Warty w centrum miasta. Na Równinie Gorzowskiej rozlokowały się największe gorzowskie osiedla mieszkaniowe: Górczyn, Staszica, Ustronie, Piaski, Dolinki, ponadto we wschodniej oraz zachodniej części znajdują się rozległe tereny przemysłowe. Północno-zachodni kwartał miasta jest użytkowany rolniczo z wielkoobszarowymi polami uprawnymi. Na północ od Warty występuje kilkanaście kompleksów parkowych i leśnych.

Charakterystycznym elementem krajobrazu Gorzowa jest strefa krawędziowa na granicy makroregionów Pojezierza Południowopomorskiego i Pradoliny Toruńsko-Eberswaldzkiej, biegnąca ze wschodu na zachód na północ od Warty, z odchyleniem ku południowemu zachodowi. W tym rejonie stoki o ekspozycji przeważnie południowej mają silne spadki, wysokości zmieniają się na krótkim odcinku o 20-60 m. Mimo niekorzystnych warunków terenowych, krawędź wysoczyzny jest intensywnie wykorzystywana pod zabudowę mieszkaniową.

CHARAKTERYSTYKA KLIMATU GORZOWA

Czynniki kształtujące klimat miasta

Pojęcie klimat jest definiowane jako „charakterystyczny dla danego obszaru zespół zjawisk i procesów atmosferycznych, kształtujących się pod wpływem właściwości fizycznych i geograficznych tego obszaru, określony na podstawie wyników wieloletnich obserwacji” [Słownik Meteorologiczny 2003]. Klimat danego miejsca można porównać do uśrednionego w dłuższym okresie typowego stanu pogody, który najczęściej bywa opisywany za pomocą szeregu parametrów statystycznych wybranych elementów meteorologicznych.

Podstawowym źródłem energii dla procesów zachodzących na Ziemi i w atmosferze jest promieniowanie słoneczne [Kędziora 1999; Matuszko 2009]. Klimat jest uwarunkowany oddziaływaniem procesów klimatotwórczych, do których zalicza się obieg ciepła, obieg wody oraz cyrkulację atmosferyczną. Te trzy procesy są modyfikowane przez szereg czynników geograficznych, w skład których wchodzi m.in.:

SZEROKOŚĆ GEOGRAFICZNA

Wpływa na zmienność kąta padania promieni słonecznych i długość trwania dnia i nocy w ciągu roku. Gorzów leży na równoleżniku 52°44' szerokości geograficznej północnej.

Tabela 2. Godziny wschodu i zachodu Słońca, długość dnia i wysokość Słońca w pierwszym dniu kalendarzowego lata i zimy w Gorzowie w roku 2020. Dane z uwzględnieniem refrakcji, czas urzędowy. Źródło: <https://gml.noaa.gov/grad/solcalc/>.

Data	Wschód Słońca	Zachód Słońca	Długość dnia	Maksymalna wysokość Słońca nad horyzontem
22 czerwca 2020 r.	04:35	21:27	16:52	60,7°
22 grudnia 2020 r.	08:09	15:46	07:37	13,9°

ROZMIESZCZENIE LĄDÓW I MÓRZ

Polska znajduje się w strefie przejściowej między klimatem kontynentalnym na wschodzie i klimatem oceanicznym na zachodzie Europy. Na tle Polski rejon Gorzowa odznacza się większym wpływem cech morskich pochodzących z oddziaływania Oceanu Atlantyckiego, co przejawia się w stosunkowo wysokich sumach opadów półroczna chłodnego oraz porównywalnymi sumami opadów jesienią i wiosną. Odległość z Gorzowa do otwartego Oceanu Atlantyckiego wynosi ok. 1500 km, do Morza Północnego ok. 450 km. Natomiast wpływ Morza Bałtyckiego (odległość ok. 150 km) wg badań Ewerta [1997] kończy się na Pradolinie Toruńsko-Eberswaldzkiej, a zatem w rejonie Gorzowa. Przy czym nie oznacza to bezpośredniego wpływu Bałtyku na temperaturę powietrza w mieście, a jedynie zwiększone oddziaływanie ośrodków niżowych przemieszczających się częściej nad wodami morskimi.

PRĄDY MORSKIE

Na warunki klimatyczne niemal całej Europy – a zwłaszcza zachodnich i północnych wybrzeży kontynentu – istotnie wpływa ciepły Prąd Północnoatlantycki, wypływający z rejonu Ameryki Środkowej jako Prąd Zatokowy. Szacuje się, że prąd ten powoduje podwyższenie średniej rocznej temperatury powietrza w Polsce zachodniej o ok. 5°C, a średniej temperatury stycznia nawet o 10°C.

WYSOKOŚĆ TERENU NAD POZIOMEM MORZA

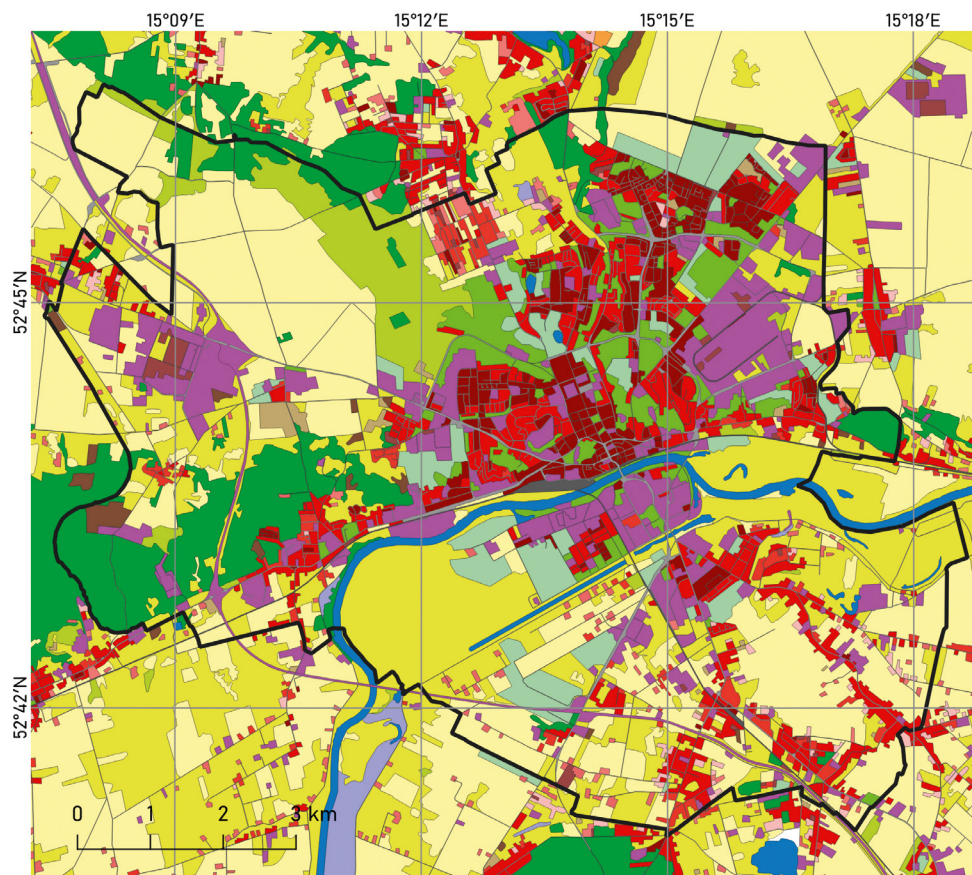
Wraz ze wzrostem wysokości w przyziemnej warstwie atmosfery obserwuje się przeważnie spadek temperatury powietrza oraz wzrost sumy opadów. Na obszarze Gorzowa (od 16 m do 105 m n.p.m.) zmienność większości elementów meteorologicznych wraz z wysokością jest znikoma i trudna do wychycenia. Oddziaływanie to można zaobserwować przy większych różnicach wysokości, np. między Kotliną Gorzowską a Pojezierzem Łagowskim.

UKSZTAŁTOWANIE TERENU

Ziemia gorzowska jest położona w nizinnej części Europy, pozbawionej pasm górskich, co ułatwia przemieszczanie się mas powietrza – oceanicznych z zachodu i kontynentalnych ze wschodu. Najbliższe pasmo górskie (Sudety) nie ma już wpływu na klimat rejonu Gorzowa, a oddziaływanie tych gór w kierunku północnym kończy się na południowych krańcach województwa lubuskiego [Martyn 1987]. Bardziej widoczny wpływ na zróżnicowanie warunków klimatu miejscowego ma obecność dwóch form terenu w obrębie miasta: kotliny i wysoczyzny (por. rozdział Zróżnicowanie przestrzenne klimatu Gorzowa).

RODZAJ PODŁOŻA

Różne rodzaje powierzchni i obiekty mają różną zdolność do odbijania i pochłaniania promieniowania słonecznego, kumulowania ciepła oraz wsiąkania wody opadowej. Poszczególne typy podłoża mogą zmieniać swe właściwości w ciągu roku, np. w zależności od etapu rozwoju roślinności, pokrywy śnieżnej lub lodowej, wilgotności itp. Największy udział w powierzchni Gorzowa wg modelu UA2018 [2023] mają grunty orne (22% powierzchni miasta) oraz łąki i pastwiska (20%). Z pozostałych terenów biologicznie czynnych na obszarze miasta 8% to powierzchnie zalesione, 4% parki, 1,5% wody, a 10% stanowią inne tereny zielone. Blisko 33% areалу miasta stanowią obszary silnie przekształcone przez człowieka, z tego połowa to zabudowa mieszkaniowa, a druga połowa to tereny przemysłowe, usługowe, drogi, koleje itp. W ostatnim 30-leciu nastąpił wzrost udziału terenów nieprzepuszczalnych dla wody opadowej, z ok. 26% areálu miasta w 1991 r. do ok. 31% w roku 2020 [Bartoszek i in. 2023]. Szczegółowy rozkład rodzajów pokrycia i użytkowania terenu w Gorzowie przedstawiono na rysunku 5.



Rodzaje pokrycia i użytkowania terenu wg UA 2018:

- zabudowa miejska zwarta (>80%)
- zabudowa miejska luźna (50-80%)
- zabudowa miejska luźna (30-50%)
- zabudowa miejska rozproszona (10-30%)
- zabudowa miejska rozproszona (<10%)
- zabudowa izolowana
- tereny przemysłowe, handlowe, usługowe
- drogi ekspresowe
- drogi pozostałe
- linie i tereny kolejowe
- żwirownie, piaskownie, wysypiska

- budowle
- tereny niesklasyfikowane
- miejskie tereny zielone
- tereny sportowe i wypoczynkowe
- grunty orne
- sady, plantacje
- łąki, pastwiska
- lasy
- roślinność drzewiasta i krzewiasta
- obszary podmokłe
- rzeki, zbiorniki wodne
- granice miasta

Rysunek 5. Rodzaje pokrycia i użytkowania terenu w Gorzowie wg modelu UA 2018 [2023].

DZIAŁALNOŚĆ CZŁOWIEKA

Ogranicza się nie tylko do zabudowy, która modyfikuje warunki termiczne, wilgotnościowe, opadowe oraz wiatrowe. Na klimat oddziałują również emisje pyłów i gazów zmieniając właściwości fizyczne i chemiczne powietrza, a także emisja ciepła pochodząca z zakładów przemysłowych i zabudowań mieszkalnych. Na obszarze

Gorzowa szczególne oddziaływanie na warunki klimatyczne mogą mieć obszary przemysłowe z elektrociepłownią przy ul. Walczaka i wielkopowierzchniowymi zakładami przemysłowymi w zachodniej części miasta.

CYRKULACJA ATMOSFERYCZNA

Przeważający wpływ na kształtowanie się warunków klimatycznych Gorzowa ma cyrkulacja atmosferyczna. Pod tym pojęciem należy rozumieć zespół ruchów atmosfery o różnej skali przestrzennej i czasowej, uzależniony od położenia obszarów wysokiego i niskiego ciśnienia [Słownik Meteorologiczny 2003]. Wieloletnie obserwacje pola ciśnienia w Europie wskazują, że na pogodę w Polsce oddziałują najczęściej ośrodki niżowe znad północnego Atlantyku (niż w rejonie Islandii, aktywny szczególnie w chłodnej połowie roku), wyż nad Azorami sięgający klinem nad Europę środkową oraz wyż znad Azji i wschodniej Europy. Od cyrkulacji atmosfery, a ściślej określając, od rozmieszczenia wyżów i niżów zależy rodzaj masy powietrza i kierunek jej napływu, a to bezpośrednio przyczynia się do określonego typu pogody.

Z badań Bucherta [2006] wynika, że nad obszar Polski zachodniej i środkowej w latach 1965-1990 zdecydowanie najczęściej napływają masy powietrza pochodzenia polarnego (84% wszystkich przypadków), rzadziej masy powietrza arktycznego (14%) i zwrotnikowego (2%). Pogodę w rejonie Gorzowa najczęściej kształtuje masa powietrza polarnego pochodzenia morskiego (72%), która powstaje nad północnym Atlantykiem. Jej napływ przynosi latem zwykle ochłodzenie z dużym zachmurzeniem i opadami deszczu, a zimą ocieplenie, odwilże oraz pogodę pochmurną i deszczową. Z kierunku wschodniego nad Polskę z reguły trafia powietrze polarne pochodzenia kontynentalnego (12% dni w roku), odznacza się ono niższą wilgotnością i mniejszym zachmurzeniem, zimą pojawiają się silniejsze mrozy, latem upały. Średnio przez 14% dni w roku pogoda jest kształtowana przez masy powietrza arktycznego, które najczęściej napływają zimą i wiosną. Napływ powietrza arktycznego skutkuje z reguły znacznym ochłodzeniem z opadami śniegu, a w przejściowych porach roku przymrozkami lub krótkotrwałymi incydentami zimowymi. W rejonie Gorzowa najrzadziej (2% rocznie) pojawiają się masy powietrza pochodzenia zwrotnikowego, które latem przynoszą pogodę upalną, parną, burzową [Buchert 2006].

Klimat Gorzowa na tle klimatu Polski

Polska leży w strefie klimatu umiarkowanego przejściowego. Ta ostatnia cecha, uwarunkowana ścieraniem się różnych mas powietrza, wyrażona jest dużą zmiennością pogody i przebiegu pór roku. Dodatkowo, ukształtowanie terenu Polski i równoleżnikowy układ rzeźby sprzyjają swobodnej cyrkulacji strefowej i ścieraniu się mas powietrza – z zachodu oceanicznych i ze wschodu kontynentalnych. Wspomniana przejściowość jest dobrze widoczna na mapach poszczególnych elementów klimatu i regionalizacji klimatycznych. Warto przyjrzeć się jak wygląda położenie miasta na tle takich regionów i jakie cechy klimatu wyróżniają Gorzów od pozostałych dzielnic Polski.

Na mapie średniej rocznej temperatury powietrza w okresie 1991-2020 [Mapy klimatu Polski 2023] zima gorzowska znajduje się w strefie najcieplejszej (powyżej 9°C), która obejmuje zachód kraju, Wielkopolskę, Śląsk oraz Kotlinę Sandomierską. Podobnie rzecz wygląda w styczniu, najchłodniejszym miesiącu roku, najwyższą temperaturę (powyżej 0°C) notuje się na zachodzie Polski oraz na wybrzeżu. W lipcu rozkład temperatury jest nieco inny, najcieplej jest w pasie Polski środkowej i południowej, tu również Gorzów znajduje się

w zasięgu izotermy o najwyższej wartości (19°C). Na mapach parametrów związanych z temperaturą powietrza (np. długość okresu wegetacyjnego, długość okresu bezprzymrozkowego, liczba dni mroźnych, liczba dni upalnych, średnie daty początku przedwiosnia i wiosny) widoczne jest uprzywilejowane położenie Gorzowa pod względem termicznym. Nieco cieplejsze tereny leżą na zachód od miasta, wzdłuż doliny Odry.

Na mapie obrazującej średnią roczną sumę opadów w latach 1991-2020 ziemia gorzowska znajduje się w regionie stosunkowo ubogim w opady (ok. 550 mm). Strefa najniższych opadów obejmuje pas Polski centralnej, w tym rejon dolnej Warty. Dodatkowo można zaobserwować wzrost sumy opadów w kierunku północno-wschodnim (Pomorze) oraz południowym (Pojezierze Lubuskie). Na tle kraju rejon Gorzowa w okresie letnim cechuje się niższymi sumami opadów. Kotlina Gorzowska i Równina Gorzowska są również regionami, gdzie pokrywa śnieżna występuje najrzadziej, a jej grubość jest przeciętnie najniższa w kraju [*Mapy klimatu Polski 2023*].

Ziemia gorzowska charakteryzuje się przeciętnym usłonecznieniem w skali Polski. Liczba godzin ze Słońcem rośnie na wschód od Gorzowa, natomiast maleje w kierunku południowo-zachodnim. Dolina dolnej Warty cechuje się zachmurzeniem większym niż przeciętna w kraju. Odnotowuje się tu relatywnie mniej dni pogodnych oraz nieco więcej dni pochmurnych niż w pozostałych dzielnicach Polski. Z pozostałych elementów meteorologicznych należy wspomnieć o burzach – bowiem Gorzów znajduje się w regionie, gdzie wyładowania atmosferyczne, obok zachodniego wybrzeża, występują najrzadziej w kraju. Na ziemi gorzowskiej nieco częściej niż gdzie indziej obserwuje się natomiast zamglenia oraz mgły.

W klimatologii do kartograficznego przedstawienia zróżnicowania warunków klimatycznych pewnych obszarów wykorzystuje się regionalizacje. Teren Polski doczekał się wielu regionalizacji klimatycznych, które różnią się od siebie, w zależności od przyjętych kryteriów i metod. Oto jak klimatolodzy umiejscawiają rejon Gorzowa na tle Polski.

Pierwszą regionalizację klimatyczną Polski po II wojnie światowej zaprezentował Romer [1949]. Ziemia gorzowska została zaliczona do klimatu krainy wielkich dolin obejmującej szerokim pasem Polskę środkową. W szczególności zaś Romer wydzielił krainę gorzowską, która zajmuje mniej więcej obszar byłego województwa gorzowskiego (bez krańców wschodnich i zachodnich) oraz ciągnie się dalej na północ, aż po Stargard. Kraina gorzowska, mimo że leży w jednym z najcieplejszych rejonów Polski, to w porównaniu do sąsiednich regionów charakteryzuje się nieco chłodniejszą zimą oraz nieco chłodniejszym latem; opady roczne są tu relatywnie wyższe niż w okolicy, jedynie w kierunku południowym (w krainie zielonogórskiej) są jeszcze wyższe. Przejściowość klimatyczna krainy gorzowskiej wyraża się równowagą sumy opadów między wiosną a jesienią. Opady jesienne przeważają nad wiosennymi w miarę przesuwania się w kierunku zachodnim (wzdłuż doliny Odry), co dowodzi większego wpływu cech oceanicznych klimatu; w kierunku wschodnim przyrastają sumy opadów wiosennych – taka sytuacja z kolei świadczy o większym wpływie klimatu kontynentalnego [Romer 1949].

Mapę regionów klimatycznych Polski w 1975 r. opublikowali Wiszniewski i Chełchowski. Zgodnie z tą koncepcją przez rejon Gorzowa przechodzi granica między regionem pomorsko-warmińskim na północy a regionem lubusko-dolnośląskim na południu. Ten ostatni charakteryzuje się najwyższymi wartościami temperatury, łagodnymi zimami. Z kolei region pomorsko-warmiński jest chłodniejszy oraz bardziej zasobny w opady [Wiszniewski, Chełchowski 1975].

Kolejną regionalizację klimatyczną Polski zaprezentowali Okołowicz i Martyn, w której ziemia gorzowska znalazła się w najcieplejszym w Polsce regionie – śląsko-wielkopolskim. Ponadto podział ten wskazuje na

wpływ Oceanu Atlantyckiego, a kilkadziesiąt kilometrów na północ i północny-wschód od miasta kończy się strefa oddziaływania Morza Bałtyckiego na klimat [Martyn 1987].

Innowacyjną koncepcję podziału klimatu Polski przedstawił Woś [1994b]. Autor przeanalizował częstość pojawiania się typów pogody. Okolice Gorzowa zostały przydzielone do regionu dolnej Warty, który ciągnie się od Kostrzyna na zachodzie po Wronki i Czarnków na wschodzie. Granice między sąsiednimi regionami klimatycznymi zostały ocenione jako mało wyraźne, co zdaniem badacza dowodzi przejściowości cech tutejszego klimatu. Specyfiką regionu dolnej Warty jest relatywnie częstsze występowanie dni z pogodą przymrozkową bardzo chłodną (0-5°C) z opadem, dni z pogodą umiarkowanie ciepłą (5-15°C) z dużym zachmurzeniem oraz dni z pogodą bardzo ciepłą (15-25°C) z dużym zachmurzeniem. Wyjątkowo rzadko pojawiają się tu dni z pogodą bardzo mroźną.

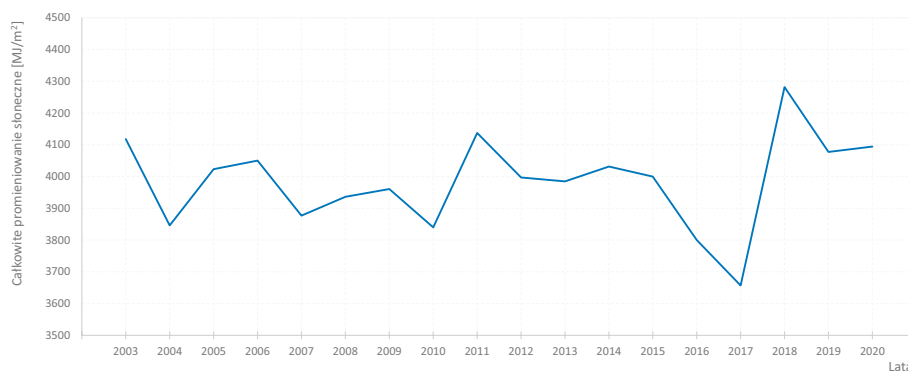
Wszystkie opisane regionalizacje zgodnie dowodzą, że rejon Gorzowa leży w jednym z najcieplejszych regionów Polski, choć dają się już zauważyć wpływy chłodniejszego Pomorza. Region dolnej Warty jest zaliczany również do obszarów o najniższych opadach w skali kraju, ale od północnego wschodu widoczne jest oddziaływanie bardziej zasobnego w opady Pojezierza Pomorskiego.

Promieniowanie słoneczne

Jak wspomniano we wstępie, promieniowanie słoneczne dochodzące do powierzchni Ziemi jest głównym źródłem energii procesów klimatotwórczych. Stąd jednym z podstawowych problemów klimatologii jest poznanie struktury i bilansu promieniowania słonecznego. Badania dopływu promieniowania nie są tak rozpowszechnione, jak pomiary temperatury, opadów czy nawet usłonecznienia. Ten ostatni parametr, o którym mowa będzie w rozdziale Usłonecznienie, dostarcza jedynie informacji o czasie dopływu bezpośredniego promieniowania słonecznego, bez określenia ilości energii, jaka z tym strumieniem dopływa do powierzchni Ziemi. Jest bowiem istotna różnica w dopływie energii przykładowo w godzinnym świeceniu Słońca w grudniu i czerwcu. Przybliżenie wyników badań nad promieniowaniem słonecznym zyskuje na wartości w dobie coraz powszechniej stosowanych instalacji fotowoltaicznych wytwarzających energię elektryczną z promieniowania słonecznego.

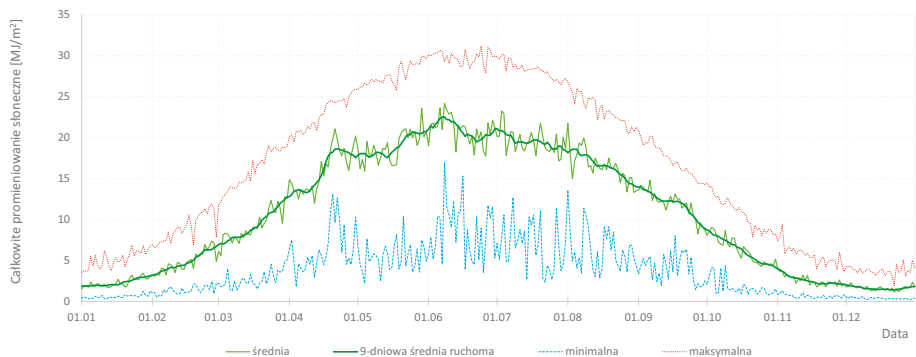
W Gorzowie pomiary natężenia całkowitego promieniowania słonecznego rozpoczęto dopiero w 2002 r. W latach 2002-2018 przyrządem pomiarowym był czujnik CM6b, a od 2018 r. jest nim CMP11, oba produkcji Kipp&Zonen. Mierniki były zlokalizowane na dachu budynku, na wysokości 10 m nad gruntem, powyżej większości przeszkód terenowych mogących przesłaniać dostęp promieni słonecznych do przyrządu. Osłona przyrządu była na bieżąco kontrolowana przez obserwatora i utrzymywana w czystości, a od 2010 r. mierniki zostały zaopatrzone w przystawkę wentylacyjną, która wskutek nieustannego nawiewu powietrza znacznie zmniejsza osadzanie się pyłu, rosy, opadu na szklanej kopułce przyrządu; ponadto w okresie zimowym roztopia opady i osady w stanie stałym. Dane źródłowe stanowiły dobowe sumy całkowitego promieniowania słonecznego (J/cm^2 przeliczono na MJ/m^2) w latach 2003-2020 oraz minutowe wartości natężenia promieniowania słonecznego (W/m^2) w wybrane dni tego okresu. Zestawienie dobowych sum promieniowania było kompletne w 100%, przy czym ok. 1,9% elementów serii zostało zrekonstruowanych w Pracowni Promieniowania Słonecznego IMGW-PIB (brak danych wynikał z awarii przyrządu lub systemu przetwarzania danych). Dane zostały udostępnione dzięki uprzejmości pani Aleksandry Kowalskiej z Pracowni Promieniowania Słonecznego IMGW-PIB.

Średnia roczna suma całkowitego promieniowania słonecznego w latach 2003-2020 wyniosła 3984 MJ/m^2 . W przebiegu wieloletnim nie widać wyraźnego kierunku trendu (rys. 6), choć należy zaznaczyć, że mamy do czynienia ze zbyt krótką serią do oceny długookresowych zmian. Na innych stacjach w Polsce rejestruje się podobne wartości promieniowania, a kierunki zmian wartości tego parametru są różne, zależne od długości serii pomiarowej [Falarz i in. 2021]. Skrajne wartości rocznej sumy promieniowania wystąpiły w latach sąsiadujących ze sobą – 3657 MJ/m^2 w roku 2017 i 4282 MJ/m^2 w roku 2018. Ten ostatni rok w rozpatrywanym 18-leciu odznaczał się najwyższą sumą usłonecznienia i najniższym średnim zachmurzeniem. W pozostałych latach również widać dobrą korelację rocznej sumy promieniowania z roczną sumą usłonecznienia i średnią wielkością zachmurzenia (por. rys. 9 i 26).



Rysunek 6. Wieloletni przebieg rocznej sumy całkowitego promieniowania słonecznego (MJ/m^2) w Gorzowie w latach 2003-2020.

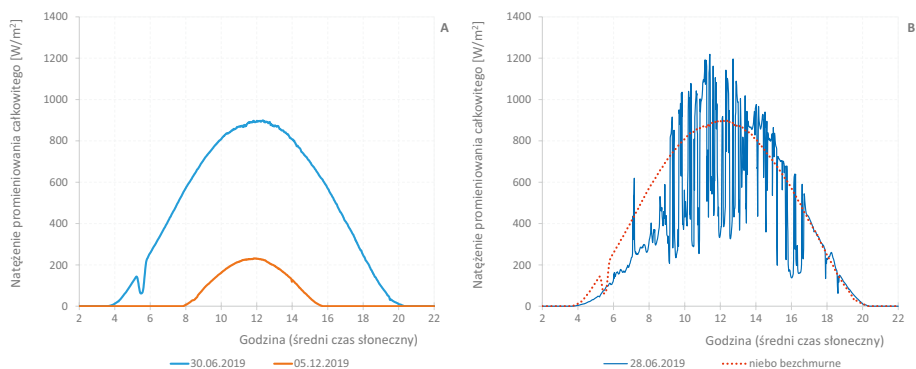
Roczny przebieg dobowych sum promieniowania słonecznego jest uzależniony przede wszystkim od wysokości Słońca nad horyzontem. Najwyższe średnie dobowe sumy promieniowania w roku występują przeciętnie na przełomie pierwszej i drugiej dekady czerwca, a maksymalna wartość $24,17 \text{ MJ/m}^2$ przypada statystycznie na 8 czerwca. Pomimo, że najwyższą wysokość nad horyzontem Słońce osiąga na przełomie drugiej i trzeciej dekady czerwca, to w tym okresie rejestrowany jest spadek sum promieniowania (rys. 7). Ta kilkunastodniowa osobliwość w przebiegu rocznym jest spowodowana wzrostem zachmurzenia obserwowanym w drugiej połowie czerwca (rys. 27) i wynikającego z niego okresowego spadku usłonecznienia (rys. 10). Podobne zakłócenia w rocznym przebiegu sum promieniowania widoczne są m.in. w pierwszej połowie kwietnia (okresowe zmniejszenie) oraz w drugiej połowie kwietnia (okresowe zwiększenie). W skali roku najmniejsze dobowe sumy promieniowania notuje się w grudniu i pierwszej połowie stycznia, a najniższa wartość przeciętnie przypada 22 grudnia (średnio $1,13 \text{ MJ/m}^2$).



Rysunek 7. Roczny przebieg średnich, minimalnych i maksymalnych dobowych sum promieniowania słonecznego (MJ/m^2) w Gorzowie w latach 2003-2020.

W analizowanym okresie 2003-2020 najwyższe dobowe sumy promieniowania przekraczają $30 \text{ MJ}/\text{m}^2$ i mają miejsce podczas słonecznych dni z usłonecznieniem przekraczającym 14 h. Absolutne maksimum z wartością $31,17 \text{ MJ}/\text{m}^2$ zarejestrowano 24 czerwca 2019 r. Najniższe zmierzone wartości tego parametru nie osiągały $0,50 \text{ MJ}/\text{m}^2$. Minimum zarejestrowano 10 grudnia 2020 r. i wyniosło $0,21 \text{ MJ}/\text{m}^2$, był to dzień z zamgleniem i z grubą warstwą niskich chmur z rodzaju *Stratus*.

Największy dopływ promieniowania słonecznego do powierzchni Ziemi ma miejsce przeważnie podczas pogody bezchmurnej lub z niewielkim zachmurzeniem oraz w warunkach świeżej i przejrzystej masy powietrza. Przy pogodnym niebie natężenie promieniowania jest uzależnione głównie od wysokości Słońca nad horyzontem. Ten parametr z kolei jest uwarunkowany porą dnia i porą roku. W drugiej połowie czerwca, kiedy Słońce osiąga roczne maksimum wysokości nad horyzontem, w warunkach nieba bezchmurnego natężenie całkowitego promieniowania słonecznego osiąga w południe wartość ok. $870\text{-}900 \text{ W}/\text{m}^2$. Podczas najkrótszych dni w roku najwyższe wartości tego parametru osiągają zaledwie ok. $230 \text{ W}/\text{m}^2$ (rys. 8A).



Rysunek 8. Dobowy przebieg natężenia całkowitego promieniowania słonecznego (W/m^2) w Gorzowie w warunkach: A – nieba bezchmurnego (30.06.2019 i 05.12.2019), B – nieba częściowo pokrytego chmurami *Cumulus* i *Stratocumulus* (28.06.2019) w porównaniu do nieba bezchmurnego.

Najwyższe chwilowe wartości natężenia całkowitego promieniowania słonecznego rejestrowane są nie przy bezchmurnym niebie, ale w sytuacjach częściowego zachmurzenia, gdy tarcza słoneczna nie jest przesłonięta chmurami. W takich warunkach bezpośrednie promieniowanie słoneczne dociera bez przeszkód, a ponadto do powierzchni Ziemi dopływa dodatkowa porcja promieniowania odbitego od bocznych części chmur kłębiastych o umiarkowanym lub silnym rozwoju pionowym [Matuszko 2009]. Opisany efekt lustrzany, ze względu na szybkie przemieszczanie się chmur konwekcyjnych, trwa nie dłużej niż 10 minut, ale może powodować wzrost natężenia promieniowania nawet o 300-400 W/m² (rys. 8B). W Gorzowie największe chwilowe i krótkotrwałe wartości natężenia promieniowania w opisanych wyżej warunkach przekraczają 1000 W/m². Maksimum o wartości 1329 W/m² odnotowano około południa 18 czerwca 2020 r., było to zatem prawie o 50% więcej niż w warunkach nieba bezchmurnego.

Powyższa charakterystyka dotyczyła wyłącznie promieniowania słonecznego całkowitego, a zatem jednego z wielu elementów bilansu promieniowania słonecznego. Pozostałe parametry wchodzące w skład bilansu można oszacować na podstawie wzorów uwzględniających usłonecznienie, zachmurzenie, temperaturę i wilgotność powietrza [Miara i in. 1987]. Z obliczeń wynika, że w 20-leciu 1956-1975 średnia roczna suma strumienia promieniowania całkowitego docierającego do powierzchni gruntu w Gorzowie jest jedną z niższych w Polsce i wynosi ok. 3580 MJ/m² (to mniej o ok. 400 MJ/m² niż średnia wartość zmierzona w latach 2003-2020). Bilans promieniowania krótkofalowego osiąga ok. 2830 MJ/m², oznacza to, że z dopływającego strumienia promieniowania ok. 79% ulega pochłonięciu, a pozostała część odbiciu. Pochłonięta część promieniowania zostaje przekształcona w promieniowanie długofalowe, w ten sposób powierzchnia Ziemi staje się również źródłem ciepła. Bilans promieniowania długofalowego jest zależny m.in. od temperatury i wilgotności powietrza oraz wielkości zachmurzenia i w rejonie Gorzowa osiąga roczną sumę na poziomie ok. -1510 MJ/m², co wskazuje na to, że powierzchnia Ziemi traci więcej w postaci wypromieniowania niż otrzymuje z atmosfery. Na podstawie powyższych danych można oszacować bilans promieniowania w pełnym zakresie, a ten w skali roku dla Gorzowa jest dodatni i wynosi ok. 1320 MJ/m² [Miara i in. 1987].

Na dopływ promieniowania słonecznego do powierzchni Ziemi, oprócz opisanych czynników astronomicznych oraz meteorologicznych, ma również wpływ ekspozycja i nachylenie terenu (szerzej o tym zagadnieniu w rozdziale Zróżnicowanie przestrzenne klimatu Gorzowa).

Usłonecznienie

Usłonecznienie to czas (wyrażony w godzinach) rejestracji przez heliograf dopływu promieniowania słonecznego dochodzącego do powierzchni Ziemi [Matuszko 2009]. Wyróżnia się usłonecznienie możliwe, rozumiane jako czas liczony od wschodu do zachodu Słońca danego dnia, oraz usłonecznienie rzeczywiste – mniejsze od usłonecznienia możliwego wskutek obecności chmur oraz przeszkód terenowych. Dodatkowo wydziela się usłonecznienie względne – wyrażony w procentach stosunek usłonecznienia rzeczywistego do możliwego. Liczba godzin ze Słońcem jest uzależniona przede wszystkim od długości dnia oraz od wielkości i rodzaju zachmurzenia.

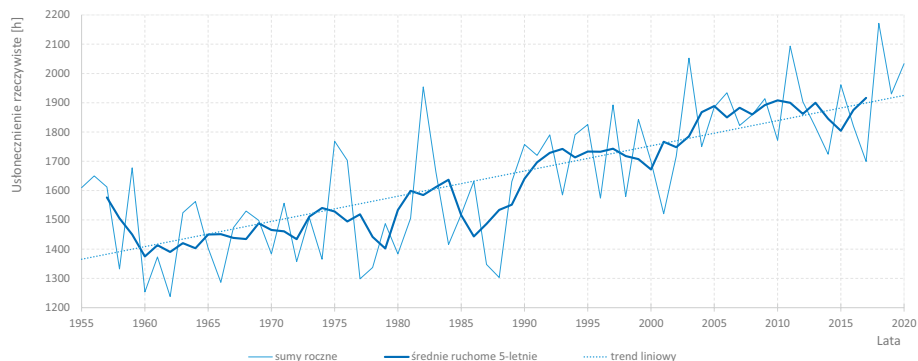
Przez dziesiątki lat usłonecznienie było mierzone heliografem Campbella-Stokesa. W Gorzowie przyrząd ten został zainstalowany w 1924 r., a po wojnie pomiary wznowiono w październiku 1954 r. W XXI wieku klasyczne heliografy zaczęły być zastępowane czujnikami elektronicznymi rejestrującymi czas, w którym

natężenie promieniowania bezpośredniego przekracza wartość 120 W/m^2 . Począwszy od 1 kwietnia 2013 r. podstawowym przyrządem pomiarowym stał się czujnik elektroniczny CSD1 produkcji Kipp&Zonen. Dzięki zaangażowaniu obserwatorów stacji w Gorzowie kontynuowane są równoległe pomiary usłonecznienia heliografem Campbella-Stokesa, co pozwoliło pozyskać unikalną, niepublikowaną, wieloletnią serię porównawczą pomiarów usłonecznienia. Jej wyniki wskazują, że roczne sumy usłonecznienia rejestrowane tradycyjnym heliografem są o ok. 5% (tj. ok. 93 h) wyższe niż zmierzone przyrządem elektronicznym. Od kwietnia do sierpnia heliograf wskazuje średnio 105-112% wartości zarejestrowanych czujnikiem elektronicznym, w pozostałych miesiącach wielkości te zmieniają się od 95% w grudniu do 102% w październiku. Wyniki porównawcze wskazań przyrządu tradycyjnego i elektronicznego w Gorzowie są odmienne od podobnych analiz przeprowadzonych w Krakowie [Matuszko 2012] i Koniczynie koło Torunia [Kejna, Uscka-Kowalkowska 2012], stąd celowe jest dalsze utrzymywanie pomiarów porównawczych. W poniższym opracowaniu, w celu zachowania jednorodności metody pomiaru, wykorzystano serię usłonecznienia z lat 1955-2020 wykonywaną heliografem Campbella-Stokesa.

W całej serii pomiarowej heliograf był wymieniany czterokrotnie, w latach: 1974, 1980, 1989, 2005. Reprezentatywność pomiarów usłonecznienia ze względu na położenie przyrządu była dobra. W okresie 1954-1974 heliograf był zamontowany w ogródku, na wieży, na wys. 5 m nad gruntem, a od 1974 r. przyrząd jest zlokalizowany na dachu budynku stacji na wys. 10 m na gruntem. Dokonano weryfikacji całej serii pomiarowej usłonecznienia na podstawie wielkości zachmurzenia, rodzaju chmur, widzialności i długości dnia (czas od wschodu do zachodu Słońca), a od 2002 r. wykorzystano również pomiary natężenia całkowitego promieniowania słonecznego. Na podstawie powyższych parametrów zrekonstruowano brakujące dobowe usłonecznienie w 55 przypadkach oraz skorygowano ewidentnie błędne dane w 25 przypadkach, łącznie w całej serii dobowego usłonecznienia zmiany wprowadzono w 0,33% przypadków. Brakujące dane z heliografu w okresie 1.03-16.09.2014 r., uzupełniono danymi z czujnika CSD1.

Usłonecznienie rzeczywiste

Średnia roczna suma usłonecznienia rzeczywistego w Gorzowie w wieloleciu 1955-2020 wyniosła 1645 h, tj. 4,5 h dziennie. Jest to wartość typowa dla klimatu Polski i zwiększa się w kierunku centrum kraju. Liczba godzin ze Słońcem ulegała znacznym wahaniom w poszczególnych latach – od 1238 h w roku 1962 do 2171 h w roku 2018. W przebiegu wieloletnim zaznacza się wzrost rocznych wartości, zmiana sięga +86,1 h na dekadę i jest istotna statystycznie. Do 1990 r. roczne usłonecznienie kształtowało się najczęściej w zakresie 1300-1600 h, natomiast w ostatnim 30-leciu sumy roczne nie spadały już poniżej 1500 h, a od 2000 r. rejestrowano już wartości przekraczające 2000 h (rys. 9). Tendencje wzrostowe usłonecznienia w ostatnich latach obserwuje się w całej Polsce [Matuszko i in. 2021].



Rysunek 9. Wieloletni przebieg rocznych sum usłonecznienia rzeczywistego (h) w Gorzowie w latach 1955-2020.

W przebiegu rocznym zarysowuje się wyraźna zależność usłonecznienia rzeczywistego od długości dnia. Miesiącami o największej sumie miesięcznej są maj, czerwiec i lipiec (230-233 h). Z kolei najmniejsze liczby godzin ze Słońcem notowane są w grudniu (32 h). Skrajnie wysokie miesięczne wartości usłonecznienia (ponad 300 h) mogą występować od kwietnia do sierpnia, a najbardziej słonecznym miesiącem w historii pomiarów był lipiec 2006 r., kiedy zarejestrowana przez heliograf wartość zbliżyła się do 400 godzin. W miesiącach o wyjątkowo małym usłonecznieniu suma miesięczna nie przekracza 20 h, a najniższą wartość odnotowano w grudniu 1971 r. – zaledwie 6 h. We wszystkich miesiącach obserwowany jest rosnący trend usłonecznienia, z czego większość jest istotna statystycznie. Największe tempo wzrostu notuje się w kwietniu (tab. 3).

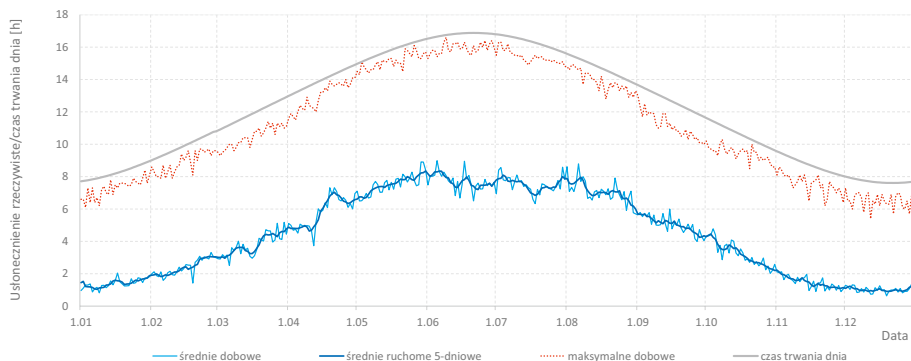
Tabela 3. Miesięczne i roczne sumy usłonecznienia rzeczywistego (h) w Gorzowie w latach 1955-2020.

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	ROK
Średnia	42,9	66,5	116,6	173,0	233,4	231,6	233,0	219,4	151,7	100,8	44,3	32,1	1645,2
Trend h/10 lat	1,9	3,4	3,6	18,6	10,3	8,8	11,8	12,8	4,8	5,0	2,9	2,4	86,1
Maksimum	80,2	125,0	191,8	321,7	333,5	359,0	398,2	317,7	241,3	176,7	113,2	70,5	2171,3
Rok	1991	2014	2011	2009	1990	2019	2006	2015	2016	1979	2011	1972	2018
Minimum	10,8	18,6	58,3	69,7	109,2	109,1	101,8	105,8	73,6	33,2	11,9	6,2	1238,0
Rok	1966	1989	1966	1970	2010	1988	1961	1962	2001	1960	1987	1971	1962

Dokładniejszych informacji o rocznym przebiegu usłonecznienia dostarczają dane dobowe. Dzięki nim można poznać okresy, w których dobowe usłonecznienie zmienia się wolniej lub szybciej niż wynikałoby to z wydłużania lub skracania się dnia. Długość dnia w Gorzowie zmienia się od 7,6 h w grudniu do 16,9 h w czerwcu (rys. 10). Najwyższe dobowe usłonecznienie o wartości 16,6 h zarejestrowano 9 czerwca 1976 r., wysokie wartości powyżej 15 h na dobę mogą występować od pierwszej dekady maja do początku sierpnia.

Na wiosnę, kiedy wzrasta długość dnia, w połowie marca oraz pierwszej i trzeciej dekadzie kwietnia obserwuje się chwilowe zatrzymanie wzrostu, a nawet lekkie spadki dobowego usłonecznienia. Przeciętnie największe dobowe sumy są mierzone na przełomie maja i czerwca. W drugiej dekadzie czerwca usłonecznienie obniża się i nieregularne wahania na tym poziomie są obserwowane do trzeciej dekady sierpnia. Wówczas za-

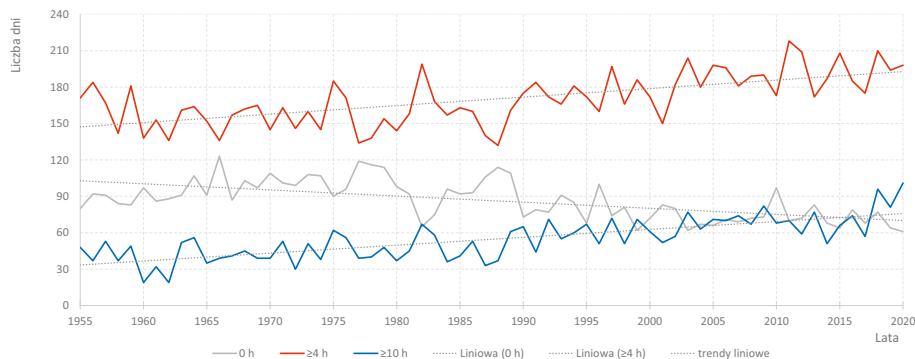
początkowane zostaje systematyczne obniżanie się liczby godzin ze Słońcem. Charakterystyczne spowolnienie tego spadku wynikające z dłuższych okresów słonecznej wyżowej pogody („babwe lato”) zauważyć można około połowy września oraz na przełomie pierwszej i drugiej dekady października.



Rysunek 10. Roczny przebieg średnich i maksymalnych sum dobowego usłonecznienia rzeczywistego oraz długość trwania dnia (h) w Gorzowie w latach 1955-2020.

Charakterystykę warunków solarnych należy uzupełnić o analizę liczby dni z usłonecznieniem o progowych wartościach. Ze względu na wpływ promieniowania słonecznego na samopoczucie człowieka często rozpatruje się dni o wartościach ≥ 4 h, ≥ 10 h oraz dni bez usłonecznienia (0 h). Do lat 80. obserwowany był stosunkowo wyrównany przebieg wymienionych dni charakterystycznych. Począwszy od ostatniej dekady XX w. zaznaczył się wzrost liczby dni z usłonecznieniem ≥ 4 h, ≥ 10 h oraz spadek liczby dni bezsłonecznych. Znamionym zjawiskiem jest duża przewaga liczby dni bez Słońca nad liczbą dni ≥ 10 h przez pierwsze 25 lat. Przez dwie ostatnie dekady XX w. różnica ta zmniejszała się, a już w XXI w. wartości obu parametrów były porównywalne (rys. 11).

W ostatnim półwieczu najistotniejsza zmiana dotyczyła rocznej liczby dni z co najmniej 10-godzinnym usłonecznieniem; o ile początkowo kształtowała się wokół wartości 40 dni (w latach 1960 i 1962 wystąpiło minimum – 19 dni), to w końcówce analizowanego okresu przekraczała już 80 dni z maksimum 101 dni w 2020 r. Wielkość trendu tego parametru sięga ponad 6 dni na dekadę i jest istotna statystycznie. Dni o ponad 10-godzinnym usłonecznieniu mogą występować od marca do października, a najczęściej są notowane z reguły od maja do lipca – po 11 dni w miesiącu (tab. 4). Podczas najbardziej słonecznego miesiąca w historii pomiarów (lipiec 2006 r.) zarejestrowano aż 27 takich dni.



Rysunek 11. Wieloletni przebieg rocznej liczby dni z usłonecznieniem 0 h, ≥4 h, ≥10 h w Gorzowie w latach 1955-2020.

Z bioklimatologicznego punktu widzenia niekorzystne dla samopoczucia człowieka są dni bez usłonecznienia. Średnio w roku notuje się 86,5 takich dni, a liczba ta malała w ostatnim półwieczu w tempie blisko 5 dni na 10 lat (wartość istotnie statystycznie). Najbardziej „ponury” był rok 1966 (123 dni bez Słońca), z kolei najmniej dni z zerowym usłonecznieniem wystąpiło w 2020 r. (61 dni). Natomiast w przebiegu rocznym liczba dni, podczas których nieprzeświecające chmury przesłaniają całkowicie tarczę słoneczną wynosi od 1-2 w miesiącach letnich do 18 dni w grudniu (tab. 4). Miesiącami o rekordowo dużych liczbach dni pozbawionych Słońca były: styczeń 1966 r. i grudzień 1988 r. (po 26 dni) oraz grudzień 1987 r. (25 dni).

Tabela 4. Średnie i maksymalne miesięczne i roczne liczby dni z usłonecznieniem 0 h, ≥4 h, ≥10 h w Gorzowie w latach 1955-2020.

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	ROK
Dni z usłonecznieniem 0 h (brak usłonecznienia)													
Średnia	15,8	10,5	6,8	3,3	2,3	1,4	1,4	1,5	3,3	7,5	14,5	18,3	86,5
Trend dni/10 lat	-0,5	-0,5	-0,5	-0,6	-0,3	-0,1	-0,1	-0,2	-0,1	-0,6	-0,8	-0,9	-5,1
Maksimum (rok)	26 1966	19 1970	14 1964	12 1956	8 2010	10 1988	6 2011	6 1963	10 1978	16 1974	23 1987	26 1988	123 1966
Dni z usłonecznieniem ≥4 h													
Średnia	4,9	7,7	13,4	17,9	22,1	21,8	22,5	22,2	17,3	12,0	4,8	3,4	170,0
Trend dni/10 lat	0,3	0,4	0,1	1,6	0,6	0,5	0,9	0,9	0,3	0,7	0,4	0,4	7,0
Maksimum (rok)	11 1961	16 2018	22 1997	29 2009	29 1990, 2011	30 2019	31 2006	29 2000	27 1959	22 1979	17 2011	10 2002	218 2011
Dni z usłonecznieniem ≥10 h													
Średnia	0	0	1,3	7,0	11,2	11,3	11,0	9,7	3,1	0,1	0	0	54,6
Trend dni/10 lat	-	-	0,5	1,5	1,0	0,8	1,0	1,1	0,6	0,04	-	-	6,5
Maksimum (rok)	-	-	7 2018	20 2009	21 2018	23 2019	27 2006	23 1997	12 2020	1 × 6	-	-	101 2020

Szczególnie negatywnie na nastrój człowieka oddziałują długie epizody pozbawione promieni słonecznych, najczęściej występują one od listopada do lutego. W ostatnim 66-leciu najdłuższy pozbawiony Słońca okres w Gorzowie trwał bez przerwy 24 dni (od 20 grudnia 1971 r. do 12 stycznia 1972 r.).

Usłonecznienie względne

W opisie klimatu solarnego często wykorzystuje się usłonecznienie względne, czyli stosunek usłonecznienia rzeczywistego (zmierzonego) do usłonecznienia możliwego (od wschodu do zachodu Słońca) wyrażony w procentach. Parametr ten pełniej określa „słoneczny” charakter dnia, miesiąca czy roku i umożliwia porównanie usłonecznienia z różnych dni w roku, niezależnie od długości dnia. Średnie roczne usłonecznienie względne osiągnęło 36,7%, zakres zmian wynosił od 27,6% (1962 r.) do 48,4% (2018 r.).

Krzywa przebiegu usłonecznienia względnego (rys. 12) jest podobna do rozkładu usłonecznienia rzeczywistego (rys. 10), oznacza to, że w chłodnej połowie roku mniejsza liczba godzin ze Słońcem nie wynika wyłącznie z krótszego dnia, ale także z większego zachmurzenia. Największe szanse na świecenie Słońca występują w cieplej połowie roku z kulminacjami na przełomie drugiej i trzeciej dekady kwietnia, od połowy maja do końca pierwszej dekady czerwca oraz od końca lipca do końca sierpnia, a najmniejsze od listopada do stycznia z minimum w drugiej dekadzie grudnia. Przeciętnie największym usłonecznieniem względnym charakteryzuje się sierpień (48%), a najmniejszym grudzień (13%). Najbardziej słoneczny miesiąc w historii pomiarów (lipiec 2006 r.) osiągnął 78,8% usłonecznienia możliwego, z kolei najmniejsze miesięczne usłonecznienie względne wystąpiło w grudniu 1971 r. (2,6%).



Rysunek 12. Roczny przebieg średnich dobowych wartości usłonecznienia względnego (%) w Gorzowie w latach 1955-2020.

Temperatura powietrza

Regularne pomiary temperatury powietrza w Gorzowie wykonywane są od roku 1874. Przez pierwsze 18 lat realizowano je za pomocą termometru wystawionego za okno, chronionego przed bezpośrednim wpływem promieni słonecznych. Od 1892 r. termometry umieszczano na otwartej przestrzeni, w klatce meteorologicznej – pomalowanej na białą, drewnianej i przewiewnej osłonie, wewnątrz której przyrządy zawieszono na wysokości 2,0 m nad gruntem (przed 1945 r. wysokość ta wahała się od 1,8 m do 2,2 m nad gruntem). Do końca roku 2003 temperaturę powietrza mierzono termometrami cieczowymi, przeważnie rtęciowymi. Od 1 stycznia 2004 r. wykorzystuje się termometry rezystancyjne, w których pomiar oparty jest na zależności zmian oporności czujnika platynowego od zmian temperatury.

Przeprowadzona przez Lorenc [2006] analiza rocznej serii porównawczej obu metod pomiarowych nie wykazała zerwania jednorodności wyników pomiarów temperatury powietrza. Zakłócenie homogeniczności

serii pojawiło się jedynie w przypadku temperatury minimalnej przy gruncie. Kontynuowane przez obserwatorów na stacji w Gorzowie pomiary porównawcze w latach 2005-2013 i 2018-2020 potwierdzają te wnioski (dane niepublikowane). W przypadku temperatury minimalnej przy gruncie w Gorzowie między oboma typami przyrządów obserwowane różnice sięgają przeciętnie 0,5-1,5°C, ale niekiedy mogą dochodzić do 3°C. Cieczowy termometr minimalny przy gruncie wskazuje z reguły niższe wartości niż termometr rezystancyjny. Zauważono, że różnice są mniejsze podczas nocy pochmurnych, opadowych, wietrznych lub mglistych. Różnice wyraźnie zwiększają się nocami przy pogodzie radiacyjnej (małe zachmurzenie, słaby wiatr). Z powodu tych różnic pominięto szerszą analizę wyników temperatury przy gruncie.

Do charakterystyki warunków termicznych wybrano następujące dobowe parametry z 70-letniego okresu 1951-2020: średnia, minimalna i maksymalna temperatura powietrza oraz minimalna temperatura przy gruncie. W analizowanym okresie nastąpiła zmiana w obliczaniu średniej dobowej temperatury. Do końca 1965 r. średnią dobową wyliczano z trzech terminów pomiarowych (3t – godz. 07, 13 i podwójnie uwzględniana godz. 21). Od roku 1966 parametr ten był wyznaczany z ośmiu terminów na dobę (8t – godz. 00, 03, ..., 21 UTC). Przeprowadzone analizy porównawcze średniej dobowej temperatury obliczonej dwoma wymienionymi metodami na stacjach w Polsce wykazały brak zerwania jednorodności serii [Lorenc, Suwalska-Bogucka 1995; Urban 2010]. Na potrzeby tej pracy przeprowadzono analizę porównawczą na podstawie gorzowskiej serii z 25-lecia 1996-2020. Metoda wg trzech terminów dawała wartości średnio o 0,1°C (0,06°C) wyższe niż wg ośmiu terminów. Skrajne różnice (3t – 8t) wyniosły: dla średnich dobowych od -2,4 do +3,2°C, dla średnich miesięcznych od -0,3 do +0,4°C, dla średnich rocznych od 0,0 do +0,1°C. Przepiętnie najniższe różnice między 3t i 8t występowały we wrześniu (-0,1°C), a największe w czerwcu i lipcu (+0,2°C), w pozostałych miesiącach od 0,0 do +0,1°C. Uznano zatem, że zmiana metody obliczania średniej dobowej temperatury powietrza w Gorzowie nie wpłynęła na zerwanie jednorodności serii pomiarowej w aspekcie badań wieloletniej zmienności.

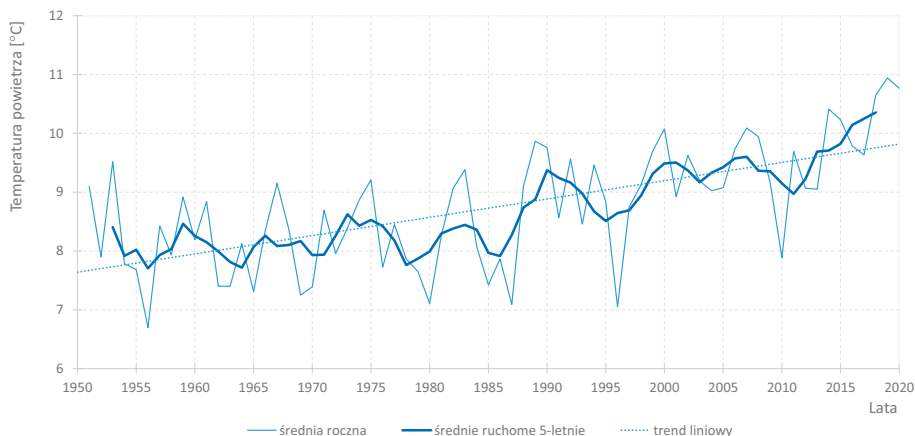
Dobowe temperatury maksymalne, minimalne i minimalne przy gruncie do roku 1965 były określane w okresie od wieczornego terminu obserwacyjnego (godz. 20 UTC) dnia poprzedniego do terminu wieczornego dziś. Od 1966 r. okres ten zawierał się w godz. 18 UTC wczoraj do godz. 18 UTC dziś.

Baza terminowych i dobowych wartości temperatury powietrza z lat 1951-2020 jest w 100% uzupełniona. Kompletność danych minutowych z okresu 2006-2020 wyniosła 97% w styczniu i 93% w lipcu (brak danych z lipca 2007 r.), a dobowych wartości temperatury minimalnej przy gruncie – 98,4% (braki danych wystąpiły w dwóch pierwszych dekadach). Jedyłą korektę danych przeprowadzono w dniach 17-18 września 2014 r., kiedy to wskutek nieprawidłowego podłączenia czujników zarchiwizowane zostały błędne wartości temperatury powietrza i temperatury przy gruncie.

Średnia roczna, miesięczna i dobowa temperatura powietrza

Średnia roczna temperatura powietrza w latach 1951-2020 wyniosła 8,8°C, a trend wzrostowy osiągnął 0,3°C w ciągu 10 lat i jest istotny statystycznie. Przez pierwszą połowę analizowanego 70-lecia roczna temperatura powietrza wykazywała nieregularne zmiany wokół wartości 8°C. Od końca lat 80. zauważalny stał się wzrost rocznych wartości, który przyspieszył w ostatniej dekadzie. Pierwsze przekroczenie poziomu 10°C nastąpiło w 2000 r., a w ostatnich 10 latach roczna temperatura nie spadała już poniżej 9°C (rys. 13). Pięć najcieplejszych

lat w analizowanym 70-leciu wystąpiło w ostatnich siedmiu latach (tab. 5). Wzrost średniej rocznej temperatury powietrza zarysowuje się również w kolejnych 30-letnich okresach referencyjnych wykorzystywanych w analizach klimatologicznych. Najchłodniejszym rokiem był 1956 (6,7°C), a najcieplejszym – 2019 (10,9°C).



Rysunek 13. Wieloletni przebieg średniej rocznej temperatury powietrza (°C) w Gorzowie w latach 1951-2020.

Tabela 5. Średnie miesięczne i roczne temperatury powietrza (°C) w Gorzowie w latach 1951-2020.

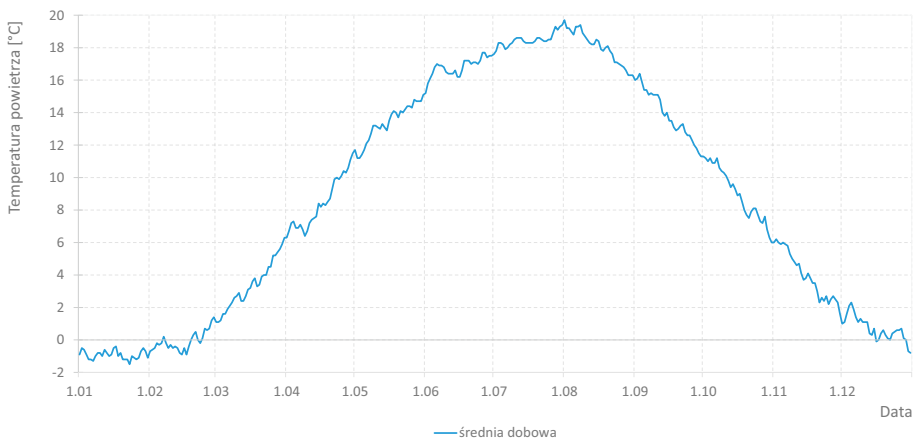
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	ROK
Średnia 1951-2020	-0,9	-0,1	3,3	8,4	13,4	16,8	18,5	18,0	13,9	9,0	4,0	0,7	8,8
Średnia 1951-1980	-1,8	-1,0	2,5	7,4	12,6	16,7	17,7	17,2	13,5	8,7	3,8	0,3	8,1
Średnia 1971-2000	-0,8	0,1	3,6	7,9	13,3	16,2	18,1	17,9	13,5	8,7	3,5	0,7	8,6
Średnia 1991-2020	-0,1	0,9	4,1	9,5	14,0	17,3	19,4	19,0	14,3	9,2	4,3	1,1	9,4
Średnia 2011-2020	0,4	1,1	4,5	10,0	14,3	18,1	19,4	19,6	15,0	10,0	5,2	2,8	10,0
Trend °C/10 lat	0,3	0,5	0,4	0,4	0,3	0,2	0,3	0,4	0,2	0,1	0,2	0,3	0,3
Minimum	-8,7	-9,7	-1,5	4,4	9,8	14,2	14,9	14,7	10,9	5,7	-0,5	-7,2	6,7
Rok	1963	1956	2013	1956	1991	1985	1979	1956	1996	1992	1993	1969	1956
Maksimum	4,6	5,5	7,3	13,2	17,5	22,2	23,9	22,3	17,4	12,2	7,2	5,8	10,9
Rok	2007	1990	1990	2018	2018	2019	2006	2015	2016	2001	1963	2015	2019

Przeciętnie najchłodniejszym miesiącem był styczeń (średnio -0,9°C). W poszczególnych latach zdarzały się sytuacje, że najchłodniejszy bywał luty oraz grudzień, a pojedynczo także listopad (1993 r.) i marzec (2013 r.). Najcieplejszy był z reguły lipiec (średnio 18,5°C), rzadziej zdarzyło się, że był to czerwiec lub sierpień. Średnia miesięczna temperatura przeważnie w każdym z kolejnych trzydziestolecia jest coraz wyższa; wyjątkiem jest czerwiec i listopad, te miesiące najchłodniejsze były w okresie 1971-2000. Zaskakujących rezultatów dostarczyła ostatnia dekada (2011-2020). Wówczas najcieplejszym miesiącem w roku był sierpień, a średnie wartości wszystkich miesięcy pozostawały dodatnie. Wszystkie miesiące w roku cechowały się trendem wzrostowym w 70-leciu, najszybciej ocieślał się luty (+0,5°C/10 lat) oraz marzec, kwiecień i sierpień (+0,4°C). Z kolei najwolniejszy wzrost (+0,1°C) dotyczył października. Ciepłsza od wiosny jesień była obserwowana przez ponad połowę analizowanego 70-lecia, natomiast od lat 90. notuje się zrównywanie termiczne obu pór roku, co jest dobrze widoczne na przykładzie kwietnia

i października. Zwraca uwagę fakt, że aż połowa rekordów najwyższej średniej miesięcznej temperatury powietrza padła w ostatnich 6 latach serii pomiarowej. Rekordowo ciepłym miesiącem był lipiec 2006 r. ($23,9^{\circ}\text{C}$), z kolei najchłodniejszym był luty 1956 r. ($-9,7^{\circ}\text{C}$).

Średnia roczna amplituda temperatura powietrza, definiowana jako różnica między średnimi wartościami najcieplejszego i najchłodniejszego miesiąca, jest dobrym wskaźnikiem wpływu cech oceanicznych lub kontynentalnych na klimat. W Gorzowie roczna amplituda temperatury w latach 1951-2020 wyniosła $19,4^{\circ}\text{C}$ – to jedna z mniejszych wartości w Polsce, co świadczy o przewadze cech oceanicznych tutejszego klimatu. Jeszcze mniejsze wartości tego wskaźnika są notowane w kierunku zachodniej granicy Polski (wpływ Oceanu Atlantyckiego) oraz w kierunku północnym (wpływ Bałtyku). Amplitudy szybko wzrastają na wschód od Gorzowa, tam warunki termiczne mają bardziej kontynentalny charakter. Wskaźnik kontynentalizmu termicznego wg Ewerta [1997] również potwierdza większe wpływy klimatu oceanicznego w rejonie Gorzowa, jego wartość w ostatnim 70-leciu osiągnęła 43,3%.

Zakres zmian temperatury powietrza w przebiegu rocznym w oparciu o średnie 70-letnie wartości dobowe przedstawia krzywa na rysunku 14. Początek trwałego wzrostu przypada na połowę lutego. Wiosną wartości temperatury szybko rosną, przy czym występują dwa charakterystyczne spowolnienia, a wręcz kilkudniowe spadki średniej dobowej temperatury powietrza – na początku kwietnia oraz w pierwszej połowie czerwca. Osobliwości te wskazują na zwiększoną szansę na ochłodzenie w tych okresach. Od połowy czerwca do początku sierpnia temperatura wciąż wzrasta, ale znacznie wolniej niż na wiosnę. W pierwszej dekadzie sierpnia zapoczątkowane zostaje ochłodzenie trwające do końca roku. Jesienny spadek temperatury nie jest jednostajny, ma „ząbkowany” charakter, nieznaczne wzrosty pojawiają się na początku trzeciej dekady września, w połowie pierwszej i na początku trzeciej dekady października. Statystycznie najchłodniejszy dzień w roku w Gorzowie wypada 23 stycznia (średnia $-1,5^{\circ}\text{C}$), a najcieplejszy – 1 sierpnia ($19,7^{\circ}\text{C}$). Najwyższą średnią dobową temperaturę powietrza odnotowano 1 sierpnia 1994 r. ($30,3^{\circ}\text{C}$), z kolei najniższa ($-20,2^{\circ}\text{C}$) wystąpiła 14 stycznia 1987 r. (tab. 6).



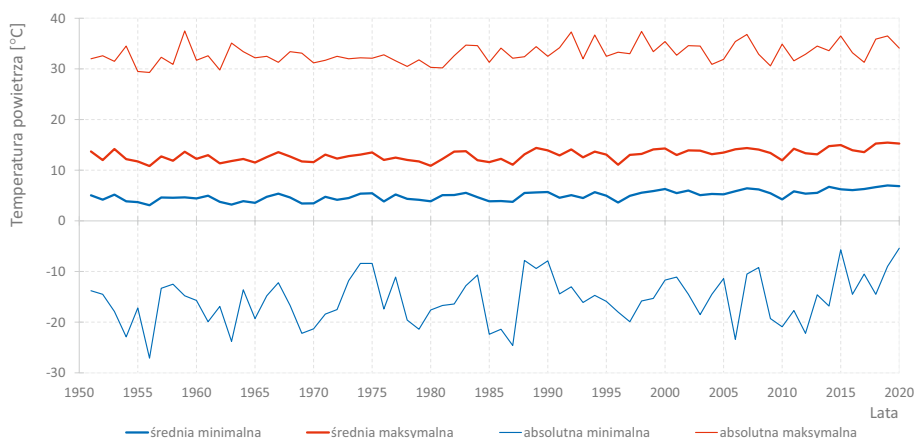
Rysunek 14. Roczny przebieg średniej dobowej temperatury powietrza ($^{\circ}\text{C}$) w Gorzowie w latach 1951-2020.

Tabela 6. Najwyższe i najniższe wartości średniej rocznej, miesięcznej i dobowej temperatury powietrza (°C) w Gorzowie w latach 1951-2020.

Lp.	Średnia roczna temperatura		Średnia miesięczna temperatura		Średnia dobowa temperatura	
	najwyższa	najniższa	najwyższa	najniższa	najwyższa	najniższa
1	10,9 (2019)	6,7 (1956)	23,9 (VII 2006)	-9,7 (II 1956)	30,3 (01.08.1994)	-20,2 (14.01.1987)
2	10,8 (2020)	7,1 (1980)	22,3 (VII 1994)	-8,7 (I 1963)	29,6 (10.07.1959)	-20,0 (09.02.1956)
3	10,7 (2018)	7,1 (1987)	22,3 (VIII 2015)	-8,4 (I 1987)	29,5 (09.08.1992)	-19,6 (23.01.2006)
4	10,4 (2014)	7,1 (1996)	22,2 (VII 2010)	-8,1 (II 1986)	29,4 (10.08.1992)	-19,5 (01.02.1956)
5	10,2 (2015)	7,3 (1965)	22,2 (VI 2019)	-7,2 (XII 1969)	29,3 (16.07.2007)	-19,5 (07.01.1985)
6	10,1 (2000)	7,3 (1969)	21,6 (VII 2014)	-7,2 (I 1985)	29,2 (31.07.1994)	-19,1 (31.01.1956)
7	10,1 (2007)	7,4 (1962)	21,4 (VIII 2018)	-7,0 (II 1954)	28,9 (21.07.1998)	-19,1 (11.01.1987)
8	9,9 (1989)	7,4 (1963)	21,0 (VIII 2002)	-6,5 (II 1963)	28,7 (12.07.2010)	-19,0 (11.02.1956)
9	9,9 (2008)	7,4 (1970)	20,9 (VIII 1997)	-6,3 (I 2010)	28,7 (26.06.2019)	-18,6 (31.01.1963)
10	9,8 (1990)	7,4 (1985)	20,9 (VIII 2019)	-6,1 (I 1970)	28,5 (01.08.2018)	-18,6 (06.01.1985)
	9,8 (2016)		20,9 (VIII 2020)			

Minimalna i maksymalna temperatura powietrza

Podobnie jak wcześniej opisana średnia roczna temperatura powietrza, tak średnie roczne wartości minimalnej i maksymalnej temperatury powietrza cechują się systematycznym wzrostem, który osiąga tempo 0,3°C w ciągu 10 lat i są to zmiany istotne statystycznie (rys. 15). Zakres zmienności obu parametrów w 70-leciu był niewielki, widoczne jest ich ściśle powiązanie ze średnią roczną temperaturą powietrza. Znacznie silniejsze wahania z roku na rok cechują absolutne temperatury powietrza, przy czym większe wahania dotyczą temperatury minimalnej. Wieloletni trend rocznych wartości temperatury maksymalnej jest dodatni i sięga 0,4°C/10 lat, natomiast roczne temperatury minimalne wzrastają w tempie 0,6°C na dekadę.



Rysunek 15. Wieloletni przebieg średnich i absolutnych rocznych wartości minimalnej i maksymalnej temperatury powietrza (°C) w Gorzowie w latach 1951-2020.

Zakres zmian absolutnych wartości temperatury powietrza w Gorzowie w ostatnim 70-leciu wyniósł blisko 65°C. Absolutne maksimum o wartości 37,5°C odnotowano 11 lipca 1959 r. Absolutne minimum wystąpi-

ło 9 lutego 1956 r., zarejestrowano wówczas $-27,1^{\circ}\text{C}$, przy czym niektóre źródła [np. *Rocznik Meteorologiczny* 1956] podają wartość $-27,3^{\circ}\text{C}$. Należy uzupełnić, że absolutne maksimum października ($28,7^{\circ}\text{C}$ – 4 października 1966 r.) było do roku 2023 najwyższą wartością zarejestrowaną w tym miesiącu spośród wszystkich stacji synoptycznych w Polsce w powojennej historii pomiarów. Największa rozpiętość wartości ekstremalnych występuje w lutym, a najmniejsza w lipcu (tab. 7). Wyjątkowo mroźnym dniem (z najniższą temperaturą maksymalną) był 11 stycznia 1987 r., kiedy to temperatura wzrosła do zaledwie $-16,8^{\circ}\text{C}$, natomiast najwyższą temperaturę minimalną zarejestrowano 1 sierpnia 1994 r., kiedy w najchłodniejszym momencie doby było $22,9^{\circ}\text{C}$.

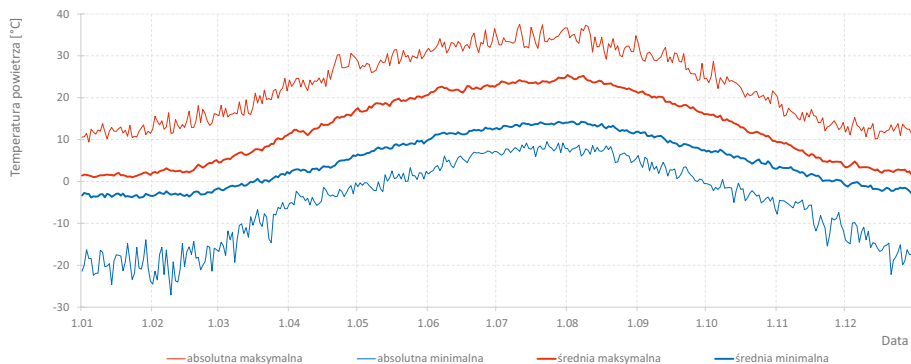
Tabela 7. Miesięczne i roczne maksymalne i minimalne temperatury powietrza ($^{\circ}\text{C}$) w Gorzowie w latach 1951-2020.

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	ROK
Średnia minimalna	-3,3	-2,9	-0,2	3,7	8,2	11,7	13,6	13,1	9,6	5,6	1,6	-1,5	5,0
Absolutne minimum	-24,6 (1987)	-27,1 (1956)	-19,3 (1965)	-5,7 (1986)	-2,4 (1978)	1,8 (1977)	5,9 (1978)	4,5 (1959 1993)	-0,5 (1959)	-6,4 (1956)	-15,4 (1965)	-22,2 (1969)	-27,1 (1956)
Średnia maksymalna	1,5	3,0	7,5	13,6	18,8	22,1	23,8	23,5	18,9	13,1	6,6	2,9	13,0
Absolutne maksimum	13,8 (1991)	18,1 (1990)	24,6 (1968)	30,6 (2012)	31,5 (1971 2005)	36,5 (2019)	37,5 (1959)	37,3 (1992)	33,0 (2019)	28,7 (1966)	20,3 (1968)	15,3 (1961)	37,5 (1959)

W rocznym przebiegu średnich temperatur minimalnych i maksymalnych cechą charakterystyczną jest zwiększanie się różnic między nimi w półroczu ciepłym i zmniejszanie ich w półroczu chłodnym (rys. 16). Osobliwości termiczne, które były widoczne w rocznym przebiegu średnich temperatur dobowych są również dostrzegalne w przebiegu temperatur ekstremalnych. Wspomniane wcześniej krótkotrwałe ochłodzenia pojawiające się w pierwszej dekadzie kwietnia i pierwszej dekadzie czerwca wyraźniej wyrażają się w przebiegu średniej temperatury maksymalnej niż minimalnej.

Tabela 8. Najwyższe i najniższe wartości maksymalnej i minimalnej dobowej temperatury powietrza ($^{\circ}\text{C}$) w Gorzowie w latach 1951-2020.

Lp.	Dobowa temperatura maksymalna		Dobowa temperatura minimalna	
	najwyższa	najniższa	najwyższa	najniższa
1	37,5 (11.07.1959)	-16,8 (11.01.1987)	22,9 (01.08.1994)	-27,1 (09.02.1956)
2	37,4 (21.07.1998)	-16,7 (14.01.1987)	22,7 (02.08.1994)	-24,6 (14.01.1987)
3	37,3 (09.08.1992)	-16,6 (13.01.1987)	22,7 (08.08.2015)	-24,5 (01.02.1956)
4	37,0 (10.08.1992)	-16,3 (31.12.1978)	22,6 (29.07.2019)	-24,0 (12.02.1956)
5	36,8 (16.07.2007)	-16,1 (23.01.2006)	22,2 (28.07.2013)	-23,8 (31.01.1963)
6	36,7 (31.07.1994)	-15,9 (01.02.1956)	22,1 (12.07.1984)	-23,7 (11.02.1956)
7	36,6 (01.08.1994)	-15,7 (07.01.1985)	22,1 (10.08.1992)	-23,5 (03.02.1963)
8	36,5 (07.08.2015)	-15,6 (09.02.1956)	22,0 (27.07.1994)	-23,4 (23.01.2006)
9	36,5 (30.06.2019)	-15,6 (31.01.1963)	22,0 (17.07.2007)	-22,9 (01.02.1954)
10	36,4 (10.07.1959)	-15,2 (03.02.1963)	21,9 (01.08.2018)	-22,4 (06.01.1985)



Rysunek 16. Roczny przebieg średniej i absolutnej dobowej temperatury minimalnej i maksymalnej (°C) w Gorzowie w latach 1951-2020.

Dobowa amplituda i gwałtowne zmiany temperatury powietrza

Rzadko analizowanym parametrem opisującym warunki termiczne jest dobowa amplituda temperatury powietrza, definiowana jako różnica między dobowym maksimum i minimum. W okresach z pogodą pochmurną, opadową i mglistą różnica temperatury bywa najczęściej mniejsza, z kolei największe różnice zachodzą przy małym zachmurzeniu i niskiej prędkości wiatru lub przy wyraźnej zmianie napływającej masy powietrza. Duże amplitudy są czynnikiem niekorzystnie wpływającym na samopoczucie człowieka, a jej wartości osiągające i przekraczające 12°C są uznawane za ostry bodziec termiczny [Błażejczyk, Kunert 2011].

Średnia wieloletnia dobowa amplituda temperatury powietrza w Gorzowie osiągnęła 8,0°C, a jej trend jest bliski zeru. Ogólnie największe różnice między dniem i nocą występują w okresie wiosenno-letnim (powyżej 10°C), a najmniejsze (poniżej 5°C) jesienią i zimą (tab. 9). Największa zanotowana dobowa amplituda temperatury powietrza wystąpiła 31 lipca 1964 r. i wyniosła 21,2°C. W ostatnim 70-leciu dni, w których wahania temperatury osiągnęły lub przekroczyły 20°C wystąpiły zaledwie 15 razy. Takie zdarzenia miały miejsce od kwietnia do września, następowało wówczas z reguły silne wychłodzenie powietrza nocą, a w ciągu dnia temperatura szybko wzrastała wskutek napływu cieplejszej masy powietrza. Wyjątkową – bo dotyczącą okresu zimowego – sytuację zaobserwowano 29 grudnia 1978 r., kiedy nad obszar Polski nastąpiło gwałtowne wtargnięcie mroźnej masy powietrza z północy, wówczas różnica między temperaturą maksymalną (7,5°C) i minimalną (-13,0°C) sięgnęła 20,5°C (por. rozdział Nadzwyczajne zjawiska pogodowe w powojennym Gorzowie). Mniej spektakularne są najmniejsze dobowe amplitudy temperatury – te, poniżej 1°C notowane są od listopada do lutego przy pochmurnej i mglistej pogodzie. Najmniejszą dobową różnicę, zaledwie 0,5°C, zarejestrowano trzykrotnie: 31 grudnia 1979 r., 24 stycznia 1982 r. i 23 listopada 2002 r.

Tabela 9. Miesięczne i roczne wartości dobowej amplitudy temperatury powietrza (°C) w Gorzowie w latach 1951-2020.

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	ROK
Średnia	4,8	5,9	7,7	10,0	10,7	10,4	10,3	10,4	9,3	7,5	5,0	4,5	8,0
Maksymalna Rok	15,1 1961	17,5 1986	19,3 1968	20,8 1951	20,8 1953	20,8 2008	21,2 1964	20,2 1983	21,1 1961	19,6 1959	13,6 1973	20,5 1978	21,2 1964

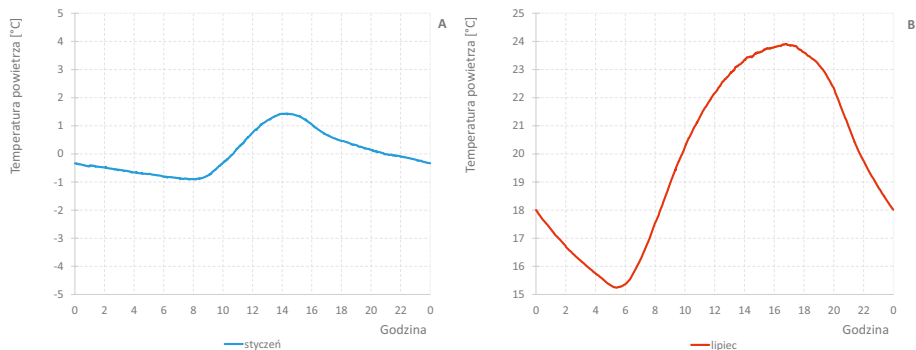
Warto spojrzeć na gwałtowne zmiany temperatury w wybranych przedziałach czasowych. W odróżnieniu od wyżej opisanej dobowej amplitudy powietrza, która z reguły największe wartości osiąga w półroczu ciepłym, największe, ponad 20-stopniowe zmiany w ciągu 24 h zdarzają się w porze zimowej oraz wczesnowiosennej. Największe spadki temperatury związane są z nagłym wtargnięciem mroźnego powietrza arktycznego (np. 21/22 stycznia 2006 r. spadek z 1,5° do -19°C), z kolei gwałtowne wzrosty w ciągu doby następują przy wyparciu zimnego powietrza ciepłą masą pochodzenia polarnego morskiego (np. 27/28 stycznia 2010 r. wzrost z -20,4° do 0,3°C). Wartości największych zmian temperatury w ciągu 12 godzin są tylko nieznacznie mniejsze od zmian 24-godzinnych. Te pierwsze są związane z naturalnym, zbliżonym do sinusoidy, dobowym przebiegiem temperatury, gdzie skrajne wartości nawiązują do czasów wschodu Słońca i jego kulminacji dziennej na niebie, a największe ich wartości notowane są w okresie wiosenno-letnim. W okresach 6-godzinnych i krótszych największe zakresy wahań temperatury występują również w cieplej połowie roku, choć najczęściej wiosną lub jesienią. Gwałtowne spadki temperatury w tym przypadku wiążą się z przejściem aktywnego chłodnego frontu atmosferycznego, jak np. 21 września 2018 r., kiedy to przed burzą notowano 28°C, a po jej przejściu godzinę później 16,4°C (tab. 10).

Tabela 10. Największe zmiany temperatury powietrza (°C) w wybranych przedziałach czasowych w Gorzowie (na podstawie pomiarów terminowych).

Zmiana (okres)	W ciągu 24 h (1951-2020)	W ciągu 12 h (1951-2020)	W ciągu 6 h (1951-2020)	W ciągu 3 h (1966-2020)	W ciągu 1 h (1994-2020)
Największy spadek	-20,5 21/22.01.2006	-19,7 11/12.06.2000 28/29.04.2007	-16,5 21.09.2018	-15,2 21.06.2018	-11,6 21.09.2018
Największy wzrost	+20,7 27/28.01.2010	+20,4 22.06.2008	+17,0 07.10.1959	+11,6 01.04.1978	+8,4 17.09.1999

Dobowy przebieg temperatury powietrza

Do analizy dobowego rozkładu temperatury powietrza wykorzystano 15-letnią serię pomiarową (2006-2020) z rozdzielczością minutową dla dwóch miesięcy – przeciętnie najchłodniejszego i najcieplejszego, odpowiednio stycznia i lipca. Otrzymane krzywe prezentują mocno uśrednione warunki termiczne, należy bowiem pamiętać, że między początkiem a końcem obu miesięcy różnica w długości dnia wynosi już ponad godzinę. Średni zakres zmian temperatury w styczniu wynosi zaledwie 2,3°C na dobę, najniższe wartości pojawiają się przeciętnie ok. godz. 8:10, a najwyższe ok. godz. 14:20 czasu urzędowego, tj. ok. 2 godz. i 15 min. po lokalnym górowaniu Słońca (rys. 17). Wyraźniejszy dobowy cykl termiczny jest widoczny w lipcu, tu rozpiętość temperatury dochodzi przeciętnie do 8,7°C. W najcieplejszym miesiącu najniższe wartości są rejestrowane ok. godz. 5:25, natomiast najwyższe ok. godz. 16:45 czasu urzędowego (ok. 3 godz. 40 min. później niż czas miejscowego południa słonecznego).



Rysunek 17. Dobowy przebieg średniej minutowej temperatury powietrza (°C) w Gorzowie w latach 2006-2020: A – w styczniu, B – w lipcu.

Termiczne pory roku

W badaniach klimatu Polski stosuje się podział na sześć termicznych pór roku, który oparty jest na przejściu średniej temperatury dobowej przez określone wartości progowe: przedwiośnie (0-5°C), wiosna (5-15°C), lato (pow. 15°C), jesień (5-15°C), przedzima (0-5°C) oraz zima (poniżej 0°C). Do wyznaczenia dat początków poszczególnych pór roku w Gorzowie zastosowano sposób zaproponowany przez Miętusa i in. [2002] z modyfikacją. Metoda ta polega na wygładzeniu wieloletnich średnich wartości dobowych filtrem średniej ruchomej. Przeanalizowano serię pomiarów temperatury ze stacji w Gorzowie pod kątem doboru średniej ruchomej o jak najkrótszym okresie. Zdecydowano, że do wyznaczenia początków termicznych pór roku w 70-leciu zastosowana zostanie średnia konsekwentna 5-dniowa. Natomiast średnią ruchomą 15-dniową wykorzystano do wyznaczenia początków pór roku w okresach 10- i 30-letnich. Oprócz pór roku wyznaczono również czas trwania okresu wegetacyjnego (tj. dni ze średnią temperaturą 5,0°C i więcej), w czasie którego warunki termiczne sprzyjają rozwojowi roślin.

Przedwiośnie, wiosna i lato to pory roku, których początek przypada na coraz wcześniejsze daty (tab. 11). Największe zmiany objęły przedwiośnie – jego początek w pierwszym 30-leciu miał miejsce przeciętnie 27 lutego, a w ostatnim blisko miesiąc wcześniej. W ostatnim 30-leciu pierwszy dzień lata pojawiał się średnio o 9 dni wcześniej niż na początku 70-lecia. Notowany wzrost temperatury przyczynił się do coraz późniejszych początków jesieni (o 6 dni) i przedzimy (o 7 dni). Wyjątkowo, bo o ponad miesiąc później miał miejsce pierwszy dzień zimy. Największym zmianom uległ czas trwania zimy, o ile na początku analizowanego okresu była to jedna z najdłuższych pór roku (ponad 10 tygodni), to w ostatnim 30-leciu stała się najkrótszą (2 tygodnie).

Tabela 11. Średnie daty początku termicznych pór roku oraz czas trwania okresu wegetacyjnego w Gorzowie w różnych okresach wielolecia 1951-2020.

Parametr	1951-2020	1951-1980	1971-2000	1991-2020	2011-2020
Początek przedwiośnia	20.02	27.02	18.02	02.02	02.02
Początek wiosny	27.03	29.03	25.03	25.03	22.03
Początek lata	31.05	02.06	30.05	24.05	21.05
Początek jesieni	11.09	09.09	06.09	12.09	18.09
Początek przedzimia	10.11	08.11	06.11	13.11	17.11
Początek zimy	29.12	17.12	27.12	18.01	18.01
Czas trwania okresu wegetacyjnego	228	224	226	233	240

Średnia długość okresu wegetacyjnego w rejonie Gorzowa w latach 1951-2020 wynosiła 228 dni, to jedna z wyższych wartości w Polsce. Obserwowane jest stopniowe wydłużanie się okresu ze średnią temperaturą powyżej 5°C, w ostatniej dekadzie sezon ten miał długość aż 240 dni. W okresie przedwojennym, na podstawie pomiarów w latach 1881-1930, okres wegetacyjny Gorzowie trwał 219 dni [Prawdziej 1970].

Dni charakterystyczne

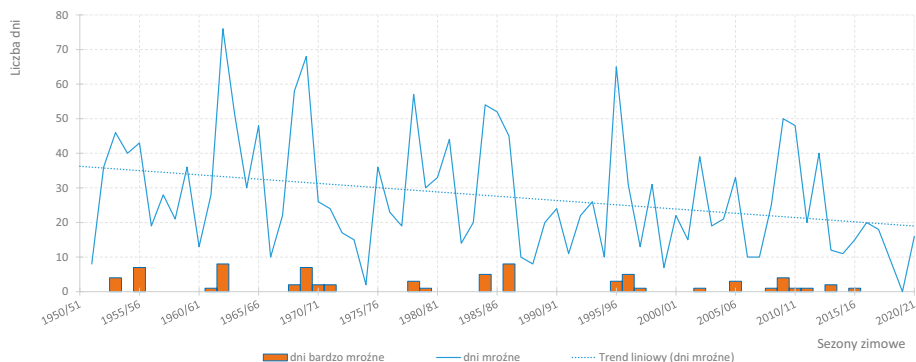
Uciążliwe dla człowieka warunki spowodowane wysoką lub niską temperaturą powietrza opisuje się literaturze za pomocą dni charakterystycznych, tj. dób, w których temperatura osiąga wybrane wartości progowe. W okresie zimowym najczęściej rozpatruje się dni mroźne i bardzo mroźne (dobowa temperatura maksymalna odpowiednio $<0,0^{\circ}\text{C}$ i $\leq -10,0^{\circ}\text{C}$), natomiast do opisu okresu letniego stosuje się dni gorące i upalne z temperaturą maksymalną odpowiednio $\geq 25,0^{\circ}\text{C}$ oraz $\geq 30,0^{\circ}\text{C}$ [definicje za *Atlasem Klimatu Polski* 2005]. W ostatnim czasie coraz częstszym przedmiotem badań klimatologów są dni bardzo upalne (temperatura maksymalna $\geq 35,0^{\circ}\text{C}$) oraz noce gorące zwane też tropikalnymi, podczas których temperatura minimalna wynosi $\geq 20,0^{\circ}\text{C}$ [definicje za Bielec-Bąkowską, Piotrowicz 2013].

Należy w tym miejscu wspomnieć o nieuwzględnianej przez klimatologów niedoskonałości tej klasyfikacji. Otóż podział na noce lub dni charakterystyczne opiera się na wartościach ekstremalnych obliczanych w godz. 18-18 UTC i w dosłownym znaczeniu będzie odpowiadał prawdzie tylko w sytuacjach klasycznego przebiegu temperatury powietrza, tzn. gdy minimum występuje nad ranem, a maksimum w godzinach popołudniowych. Natomiast, gdy dojdzie do istotnego zakłócenia przebiegu dobowego temperatury powietrza (np. wskutek przejścia frontu atmosferycznego, napływu masy powietrza o innych cechach termicznych, wystąpienie burzy lub mgły), wówczas może dojść do uznania danego dnia jako charakterystyczny, mimo że w ścisłym sensie jego kryterium nie będzie spełnione (np. dany dzień zostanie uznany za gorący, mimo że w ciągu dnia maksimum nie przekroczyło 25°C , a wartość ta została zarejestrowana wczoraj w godzinach wieczornych). W ten sposób dochodzi do zawyżenia prawdziwej liczby dni gorących i upalnych o ok. 4-7%. W przypadku wydzielania nocy gorących może dochodzić do niedoszacowania faktycznej liczby takich nocy (np. jeśli danej nocy temperatura nie obniży się poniżej 20°C , a spadek ten nastąpi w ciągu dnia wskutek wystąpienia burzy). Na podstawie danych z Gorzowa w wielolecie 2001-2020 wynika, że liczba nocy gorących jest niedoszacowana o ok. 15% w stosunku do faktycznej liczby nocy, podczas których temperatura nie spadła poniżej 20°C . Niemniej, aby zachować porównywalność z dotychczasowymi badaniami klimatologicznymi w zakresie dni i nocy charakterystycznych, w tej pracy zostaną zachowane definicje powszechnie przyjęte w literaturze przedmiotu.

Średnia roczna liczba dni mroźnych w okresach zimowych 1951/52-2020/21 wyniosła 27 dni, a jej wyraźny spadkowy trend osiąga tempo $-2,5$ dnia/10 lat. Zakres wahań rocznej liczby dni z całodobowym mrozem jest duży (rys. 18), najczęściej odnotowano ich zimą 1962/63 (76), 1969/70 (68) oraz 1995/96 (65). Wyjątkowo łagodne zimy z małą liczbą dni mroźnych przypadły na sezony 1974/75 (2 dni), 1999/2000 (7 dni) i 1951/52, 1988/89 (8 dni), jednak absolutnym wyjątkiem okazała się zima 2019/20, podczas której nie wystąpił ani jeden dzień mroźny. Najczęściej dni z temperaturą ujemną występują w styczniu (10), w grudniu i lutym przypada ich po 7, a w listopadzie i marcu po 1-2 dni. Pierwszy dzień mroźny rejestrowany jest przeciętnie 5 grudnia, a ostatni 20 lutego; skrajne terminy ich wystąpienia to 1 listopada (w 1966 r.) oraz 23 marca (w 2013 r.). Należy odnotować, że najdłuższy okres z nieprzerwanym mrozem trwał w Gorzowie 34 doby (od 8 grudnia 1969 r. do 10 stycznia 1970 r.).

Dni bardzo mroźne występują sporadycznie i nie w każdym roku. W ostatnim 70-leciu wystąpiły zaledwie 73 takie dni, co oznacza statystycznie ok. 1 dnia na rok. Mroźne zimy z największą liczbą tych charakterystycznych dni miały miejsce w sezonach 1962/63 i 1986/87 (po 8 dni) oraz 1955/56 i 1969/70 (po 7 dni). Najwcześniej dzień bardzo mroźny pojawił się 17 grudnia (w 1997 r.), a najpóźniej 22 lutego 1956 r. (tab. 12). Nadzwyczajna sytuacja wystąpiła w okresie w styczniu 1987 r., kiedy to przez 7 dni temperatura powietrza utrzymywała się poniżej -10°C .

W przebiegu wieloletnim dni mroźnych i bardzo mroźnych obserwowane jest coraz późniejsze występowanie ich pierwszego dnia oraz coraz wcześniejsze pojawianie się ostatniego dnia w sezonie zimowym.



Rysunek 18. Wieloletni przebieg rocznej liczby dni mroźnych i bardzo mroźnych w Gorzowie w sezonach zimowych 1951/52-2020/21.

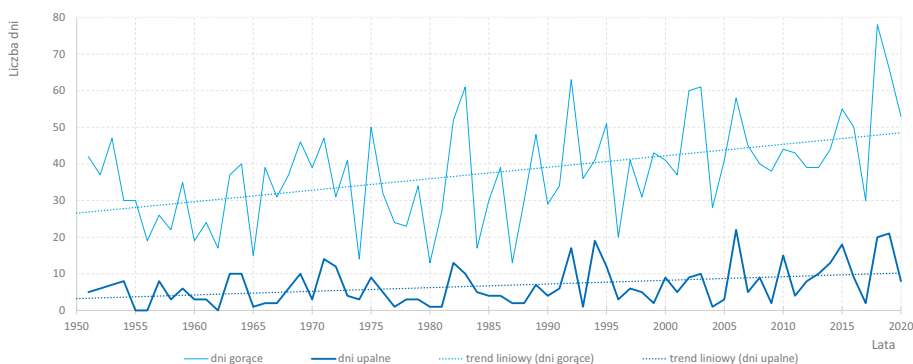
Tabela 12. Charakterystyka dni mroźnych i bardzo mroźnych w Gorzowie w sezonach zimowych 1951/52-2020/21.

	XI	XII	I	II	III	Sezon zimowy	Pierwszy dzień	Ostatni dzień
Dni mroźne								
Średnia	1,5	7,0	10,2	7,2	1,5	27,5	5.12.	20.02.
Maksymalna Rok	11 × 3	28 1969	28 1963	27 1963, 1986	10 1987	76 1962/63	najwcześniej: 1.11.1966	najpóźniej: 23.03.2013
Dni bardzo mroźne								
Średnia	0	0,2	0,6	0,2	0	1,0	8.01.	17.01.
Maksymalna Rok	-	4 1969	8 1987	6 1956	-	8 1962/63, 1986/87	najwcześniej: 17.12.1997	najpóźniej: 22.02.1956

Zapis „x” oznacza, że dana wartość wystąpiła i-krotnie. Zasada obowiązuje we wszystkich tabelach.

W cieplej części roku wśród dni charakterystycznych najczęściej notowane są dni gorące – blisko 38 dni rocznie, ich trend rosnący w wieloleciu osiąga tempo 3,1 dnia na dekadę (rys. 19). Najmniejsza (poniżej 15) liczba dni z temperaturą $\geq 25^{\circ}\text{C}$ wystąpiła środkowej części 70-lecia, tj. w latach 1974, 1980 i 1987. Rekordowy pod tym względem był rok 2018, podczas którego wystąpiły aż 78 dni gorące, a w najcieplejszym roku 2019 – 66 dni. Nadzwyczaj licznie dni gorące pojawiły się w sierpniu 2015 r. (29 dni) oraz lipcu 2006 r. – 28 dni (tab. 13). Wspomnieć należy o lipcu 1954 i 1996 oraz sierpniu 1956 r., w tych letnich miesiącach nie zanotowano ani jednego dnia gorącego.

Dni upalne w Gorzowie pojawiają się średnio blisko 7 razy w roku, ich wieloletni przebieg wykazuje wzrost o 1 dzień na 10 lat. Lata, w których temperatura powietrza nie przekroczyła 30°C wystąpiły jedynie na początku analizowanego 70-lecia (lata 1955, 1956, 1962). Po tym okresie każdy rok przyniósł co najmniej 1 dzień z upałem, a najwięcej (22 dni) odnotowano ich w roku 2006. Najczęściej dni upalne pojawiają się w lipcu i sierpniu (2-3 dni), a ich najwyższą liczbę odnotowano w wielokrotnie już przywoływanym lipcu 2006 r. (19 dni). Najdłuższa nieprzerwana, a więc szczególnie uciążliwa dla samopoczucia, seria dni upalnych liczyła 11 dni i wystąpiła dwukrotnie: 23.07-02.08.1994 oraz 18-28.07.2006 r.



Rysunek 19. Wieloletni przebieg rocznej liczby dni gorących i upalnych w Gorzowie w okresie 1951-2020.

Tabela 13. Charakterystyka dni gorących, upalnych, bardzo upalnych i nocy gorących w Gorzowie w okresie 1951-2020.

	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	Rok	Pierwszy dzień	Ostatni dzień
Dni gorące										
Średnia	0,6	3,3	8,0	11,8	11,3	2,5	0,1	37,7	14.05	8.09
Maksymalna Rok	7 (1993)	11 (1993)	25 (2019)	28 (2006)	29 (2015)	11 (2016)	2 (1966)	78 (2018)	najwcześniej 18.04 (2013)	najpóźniej 10.10 (1995)
Dni upalne										
Średnia	0,1	0,2	1,2	2,9	2,2	0,2	0	6,8	24.06	8.08
Maksymalna Rok	2 (1968, 2012)	2 × 3	11 (2019)	19 (2006)	11 (2015, 2018)	2 × 4	-	22 (2006)	najwcześniej 22.04 (1968)	najpóźniej 21.09 (2018)
Dni bardzo upalne										
Średnia	0	0	0,0	0,1	0,1	0	0	0,3	19.07	22.07
Maksymalna Rok	-	-	2 (2019)	3 (1994)	3 (2015)	-	-	4 (1994)	najwcześniej 21.06 (2000)	najpóźniej 11.08 (2015)
Noce gorące										
Średnia	0	0	0,1	0,4	0,3	0,0	0	0,8	16.07	28.07
Maksymalna Rok	-	-	2 (2019)	4 (1994, 2010)	3 × 3	1 (2015, 2019)	-	7 (1994)	najwcześniej 12.06 (2019)	najpóźniej 01.09 (2015, 2019)

Dni bardzo upalne są rzadkim zjawiskiem, w latach 1951-2020 wystąpiło ich łącznie 22 (0,3 dnia rocznie). Przez pierwsze 40 lat liczba dni z temperaturą $\geq 35,0^{\circ}\text{C}$ wyniosła zaledwie 3, od lat 90. ich liczba znacznie wzrosła (łącznie 19 dni). Dni bardzo upalne występują od trzeciej dekady czerwca do początku drugiej dekady sierpnia, a najdłuższy nieprzerwany ich ciąg trwał 4 dni (29.07-01.08.1994).

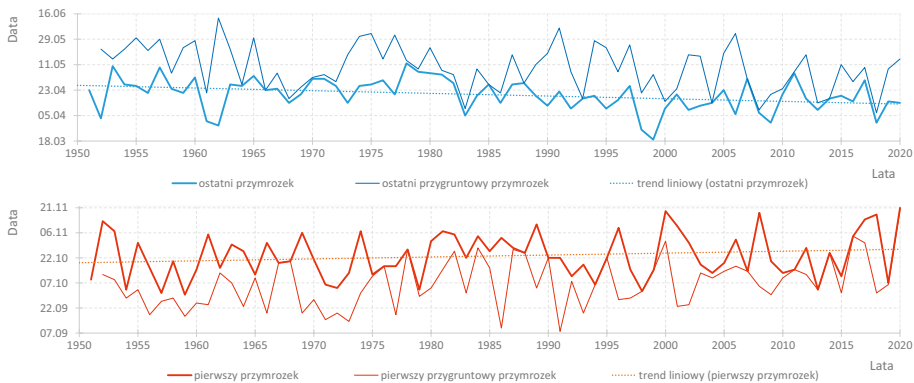
Noce gorące są jednym z najpoważniejszych czynników obciążających zdolność termoregulacji człowieka, utrudniają wypoczynek i sen po z reguły upalnym dniu. Liczba dób, podczas których temperatura nie spadła poniżej 20°C wyniosła łącznie 55, co przekłada się na 0,8 dnia rocznie. W przebiegu wieloletnim zaznacza się wyraźny przyrost częstości nocy gorących od 1992 r., a ponad połowa wszystkich przypadków przypadła na ostatnie 15-lecie. Najczęściej noce gorące występują w lipcu, a w roku 2015 i 2019 wystąpiły nawet na początku września. Wyjątkowy okres przypadł od 31 lipca do 2 sierpnia 1994 r., kiedy wystąpił 3-dniowy ciąg nocy gorących. Z kolei najcieplejsza noc miała miejsce 16/17 lipca 2010 r., wówczas temperatura powietrza spadła do $23,2^{\circ}\text{C}$, przy gruncie do $22,9^{\circ}\text{C}$. Porównanie liczby nocy gorących na stacjach w Polsce [Bielec-Bąkowska, Piotrowicz 2013] wskazuje, że Gorzów ma jedną z najwyższych wartości tego parametru. Czynnikiem sprzyjającym jest tu niewątpliwie położenie stacji, o czym będzie w następnych akapitach.

Przymrozki

Spadki temperatury powietrza poniżej 0°C w okresie wegetacyjnym mogą stanowić zagrożenie dla upraw roślin w rolnictwie i ogrodnictwie, stąd potrzeba poznania skrajnych terminów ich wystąpienia w roku. Rozkład dat pierwszych jesiennych i ostatnich wiosennych przymrozków jest w dużej mierze uzależnione od rzeźby terenu. Badania nad przymrozkami w regionie gorzowskim prowadził Prawdzic [1970], który stwierdził, że długość okresu bezprzymrozkowego w dolinie Warty jest o około miesiąc krótsza niż na wysoczyźnie. Ulokowanie stacji IMGW-PIB w Gorzowie na wysoczyźnie sprawia, że daty ostatnich wiosennych przymrozków są najwcześniejszymi w skali kraju [Limanówka i in. 1993].

Średnia data ostatnich wiosennych przymrozków w okresie 1951-2020 przypadła na 19 kwietnia. Ich przebieg w wieloletniu wskazuje na istnienie trendu spadkowego, co oznacza, że pojawiają się coraz szybciej, w tempie blisko –2 dni na dekadę (rys. 20). Najpóźniejszy wiosenny spadek temperatury poniżej 0°C na wysokości 2 m miał miejsce 12 maja 1978 r. W okresie funkcjonowania stacji IUNG (1950-1960) w dolinie Warty ostatni przymrozek przypadł 22 maja 1958 r. [Prawdzic 1970]. Uzupełnić należy, że w przedwojennym okresie (1881-1930) ostatni przymrozek występował średnio 29 kwietnia, a najpóźniejszy odnotowano 2 czerwca 1928 r. [*Klimakunde...* 1939].

Pierwsze jesienne przymrozki w ostatnim 70-leciu były rejestrowane przeciętnie 23 października. W tym przypadku wieloletni trend jest rosnący, co oznacza coraz późniejsze daty pierwszych ujemnych wartości temperatury; tempo wynosi nieco ponad 1 dzień na dekadę. Najwcześniejszy spadek temperatury poniżej 0°C wystąpił 30 września 1959 r., a na stacji IUNG (1950-1960) – 26 września 1957 r. Z kolei w 50-leciu 1881-1930 pierwszy przymrozek miał miejsce średnio 16 października, a najwcześniejszy odnotowano już 17 września (w 1886 r.).



Rysunek 20. Wieloletni przebieg dat ostatnich i pierwszych przymrozków i przygruntowych przymrozków w Gorzowie w latach 1951-2020.

Z punktu widzenia uprawy roślin bardziej istotne są skrajne terminy przymrozków przygruntowych, mierzonych na wys. 5 cm nad gruntem. Wspomniane na początku rozdziału zerwanie jednorodności serii pomiarowej temperatury minimalnej przy gruncie ok. roku 2004, wpłynęło na wcześniejsze rejestrowanie ostatnich wiosennych przymrozków przygruntowych oraz ich późniejsze notowanie jesienią. Przeciętnie ostatni przygruntowy przymrozek występował w Gorzowie 8 maja. Pięciokrotnie ostatnie przymrozki wystąpiły w czerwcu, a więc w pełni wegetacji, w tym najpóźniejszy – 13 czerwca 1962 r. Z kolei jesienne przymrozki przy powierzchni gruntu pojawiają się przeciętnie 6 października, a najwcześniejszy miał miejsce 8 września 1991 r. W ostatnim 70-leciu obserwuje się wydłużanie okresu bezprzymrozkowego.

Absolutne minimum temperatury przy gruncie odnotowano 9 lutego 1956 r., zmierzono wówczas –32,4°C. Wyjątkowy przypadek odnotowano 29 lipca 1962 r., kiedy minimalna temperatura przy gruncie w Gorzowie spadła do 0,0°C. W całym regionie była to chłodna noc, a przygruntowy przymrozek odnotowano w odległym o 100 km Wielichowie.

Zróżnicowanie przestrzenne warunków termicznych

Nietracącym na aktualności źródłem informacji o rozkładzie temperatury powietrza na obszarze Gorzowa są serie pomiarowe z połowy XX wieku, pochodzące ze stacji działających w obrębie różnych form terenu. Oprócz tego należy też wspomnieć o mapach temperatury powierzchni gruntu powstałych na podstawie zdjęć satelitarnych. Dostarczają one informacji o dużej rozdzielczości przestrzennej, choć obrazują warunki chwilowe. Przykłady takich map zaprezentowano w rozdziale Zróżnicowanie przestrzenne klimatu Gorzowa.

Na podstawie danych ze stacji pomiarowych zlokalizowanych na krawędzi wysoczyzny (lokalizacja nr 9) i u jej podnóża (lokalizacja A) w latach 1955-1960 wynika, że na dnie doliny Warty w Gorzowie średnia roczna temperatura powietrza jest przeciętnie o $0,2^{\circ}\text{C}$ wyższa niż na wierzcholinie (tab. 14). Uprzywilejowanie termiczne stacji IUNG występuje przez cały rok, ale największe różnice przypadają na okres wiosenno-letni. Przez cały rok wartości temperatury minimalnej są wyższe na wierzcholinie, a temperatury maksymalnej – w dolinie Warty. Dane wskazują, że większy zakres zmian temperatury powietrza cechują niżej położoną część miasta. W analizowanym 6-leciu roczna amplituda temperatury wyniosła $20,8^{\circ}\text{C}$ na stacji IUNG i $20,4^{\circ}\text{C}$ na stacji PIHM.

Dane w tabeli 14 potwierdzają wpływ rzeźby terenu na dobową amplitudę temperatury powietrza. Średnia dobowa rozpiętość temperatury powietrza na dnie doliny jest o $0,6^{\circ}\text{C}$ większa niż na wysoczyźnie. Dno doliny jest narażone na nocne sploty chłodnego powietrza z wysoczyzny i sprzyja jego zaleganiu, zwłaszcza w przy pogodnym niebie i małej prędkości wiatru. Lepsze warunki przewietrzania na wierzcholinie sprawiają, że mamy tu do czynienia z łagodzeniem dobowych ekstremów temperatury.

Opisane zróżnicowanie termiczne skutkuje również odmienną liczbą dni charakterystycznych i długością okresów termicznych. Badania Prawdzica [1970] w rejonie Gorzowa, obejmujące okres 1950-1960, wskazują, że średnia roczna liczba dni gorących u podnóża wysoczyzny jest trzy razy większa niż na jej wierzchołku (odpowiednio 32,3 i 29,3 dni). Na dnie doliny częściej notowane są dni mroźne (30,3) niż na wysoczyźnie (29,3). Uprzywilejowanie termiczne doliny Warty wyraża się również w długości okresu wegetacyjnego (225 dni) względem wierzcholiny (222 dni), a jeszcze większa różnica dotyczy długości okresu dojrzewania (odpowiednio 100 i 95 dni). Szczególnie wyraźna dysproporcja między obiema stacjami zachodzi w długości okresu bezprzymrozkowego, który jest istotny w rolnictwie, ogrodnictwie i sadownictwie. Dane z połowy XX w. wskazują, że ostatnie przymrozki wiosenne na stacji IUNG przypadają przeciętnie na 25 kwietnia, a na stacji PIHM o 3 dni wcześniej, a w przypadku pierwszych jesiennych przymrozków różnica ta wynosi aż 13 dni na niekorzyść doliny Warty. Skutkuje to dłuższym o 16 dni okresem bezprzymrozkowym na wysoczyźnie niż u jej podnóża [Prawdzic 1970].

Warto przyrzeć się krótkiej, ale cennej i niepublikowanej dotąd serii pomiarowej z rocznego okresu od maja 1954 r. do kwietnia 1955 r., obejmującego trzy punkty pomiarów temperatury powietrza w mieście: lokalizacja 8 (stacja PIHM, zbocze, $H_s = 47$ m n.p.m.), lokalizacja 9 (stacja PIHM, wysoczyzna, $H_s = 65$ m n.p.m.) i lokalizacja A (posterunek IUNG, dno doliny, $H_s = 30$ m n.p.m., rys. 1B). Zaledwie roczna seria dobrze obrazuje zróżnicowanie topoklimatyczne Gorzowa na pograniczu Pradoliny Toruńsko-Eberswaldzkiej i Pojezierza Południowopomorskiego. Najwyższą średnią roczną temperaturę powietrza odnotowano w środkowej części zbocza, a najniższą na wierzcholinie, przy czym różnice te nie przekraczają $0,2^{\circ}\text{C}$ (tab. 15). Nieco większe zróżnicowanie występuje w przypadku wartości ekstremalnych. Potwierdza się zależność wskazana na podsta-

wie danych w tabeli 14, że największe wahania temperatury powietrza zachodzą na dnie doliny, a najmniejsze są na wierzchowinie. Zarówno w przypadku wartości maksymalnych, jak i minimalnych najcieplejsze okazuje się zbocze. Uprzywilejowanie termiczne stacji na zboczu pradoliny można wyjaśnić zjawiskiem zwanym ciepłą strefą na stoku, czyli obszarem znajdującym się poniżej dobrze przewietrzanej strefy wierzchowinowej, ale powyżej inwersji temperatury związanej z grawitacyjnym splywem chłodnego powietrza [Bokwa 2010]. Niewątpliwie czynnikiem sprzyjającym obecności cieplej strefie na stoku jest południowa ekspozycja zbocza pradoliny w Gorzowie.

Zróznicowanie termiczne ujawnia się również w zależności od pory doby. W czasie obserwacji porannej i południowej najwyższą temperaturę notuje się na dnie doliny, gdzie bardziej zaciszne warunki sprzyjają szybszemu nagrzewaniu się powietrza, a najniższe wartości mierzone są na górnej krawędzi wysoczyzny (lepsze przewietrzanie utrudnia nagrzewanie się podłoża i powietrza). W godzinach wieczornych temperatura rośnie wraz z wysokością, tj. najcieplej bywa na wierzchowinie, a najchłodniej w okolicach Warty, gdzie gromadzi się chłodne powietrze spływające z wysoczyzny.

Tabela 14. Średnie sezonowe i roczne wartości temperatury powietrza (°C) na stacjach meteorologicznych w Gorzowie w latach 1955-1960.

	Zima	Wiosna	Lato	Jesień	Rok
Stacja PIHM (górną krawędź wysoczyzny, H_s = 65 m n.p.m.)					
Średnia	-0,7	7,0	17,1	8,4	8,0
Średnia minimalna	-3,4	2,7	12,2	5,0	4,1
Średnia maksymalna	1,9	11,8	22,2	12,5	12,1
Posterunek IUNG (dno doliny, H_s = 30 m n.p.m.)					
Średnia	-0,5	7,4	17,4	8,6	8,2
Średnia minimalna	-3,7	2,2	12,0	4,7	3,8
Średnia maksymalna	2,3	12,0	22,6	12,6	12,4

Tabela 15. Średnia temperatura powietrza (°C) na stacjach meteorologicznych w Gorzowie w okresie od maja 1954 r. do kwietnia 1955 r.

Stacja	Średnia	Średnia maksymalna	Średnia minimalna	Średnia terminowa		
				7	13	21
Wierzchowinia	7,9	11,9	4,0	5,7	10,4	7,8
Zbocze	8,1	12,4	4,2	5,9	10,8	7,7
Dno doliny	8,0	12,3	3,8	6,1	11,1	7,4

Z lat 1967-1968 pochodzi cenna seria danych oparta na patrolowych pomiarach mikroklimatycznych przeprowadzonych wzdłuż linii przecinającej południkowo dolinę Warty: od stacji PIHM na wierzchowinie, przez stację IUNG u podnóża krawędzi wysoczyzny, po trzy punkty na dnie pradoliny (Zieleniec, Łagodzin i Bolemin). Pomiarów przeprowadziła ekipa badawcza z Katedry Meteorologii ówczesnej Wyższej Szkoły Rolniczej w Szczecinie, a wyniki opublikował Prawdzic [1970]. Z zebranych serii pomiarowych wynika, że w godzinach wczesnoporannych i wieczornych, w warunkach pogody radiacyjnej, temperatura powietrza zmierzona na dnie doliny może być nawet do 7°C niższa niż na wierzchowinie.

Analizując dane archiwalne z okolicznych stacji pomiarowych położonych we wklęsłych formach terenu (Słubice, Sulęcín i Krzyż) i uwzględniając spostrzeżenia autora, należy przyjąć, że przygruntowe przymrozki

w dolinnej części Gorzowa mogą zdarzyć się we wszystkich miesiącach roku. Przy czym przymrozki od czerwca do sierpnia mogą być jedynie krótkotrwałe, epizodyczne i obejmujące ograniczony obszar.

Na obszarze Gorzowa na silniejsze nocne wychładzanie szczególnie narażone są: podnóża zbocza wysoczyzny (rejon ulic Kostrzyńskiej, Al. 11 Listopada, Warszawskiej), a także wyloty dolin rozcinających wysoczyznę, łąki nadwarciańskie i lokalne zagłębienia w północnej części miasta. Opisane zróżnicowanie termiczne Gorzowa faworyzuje tereny wysoczyzny pod uprawy rolne, sady i ogrody działkowe. Najmniej korzystne warunki termiczne pod uprawę roślin ma lewobrzeżna, dolinna część miasta.

Wilgotność powietrza

Ważnym elementem procesów klimatotwórczych jest obieg wilgoci, z którym wiążą się m.in.: zachmurzenie, opady, osady i parowanie. Na stacjach meteorologicznych mierzonych i obliczanych jest szereg parametrów charakteryzujących zawartość pary wodnej w powietrzu. Szeroko wykorzystywanym elementem w opracowaniach klimatologicznych jest wilgotność względna powietrza. Jest to procentowy stosunek aktualnego ciśnienia pary wodnej do ciśnienia maksymalnego w danej temperaturze. Skrótowo rzecz ujmując, określa ona stopień nasycenia powietrza parą wodną. Dodatkowo, do wyznaczenia dni parnych wykorzystano prężność pary wodnej (hPa) oznaczającą ciśnienie cząstkowe wywierane przez zawartą w powietrzu parę wodną.

W Gorzowie wilgotność powietrza była mierzona od początku istnienia stacji meteorologicznej, tj. od 1874 r. Przez zdecydowaną większość tego okresu użytkowano psychrometr (dwa termometry, z których zbiorniczek jednego jest owinięty stałe zwilżonym materiałem; na podstawie różnicy wskazań obu termometrów wylicza się wskaźniki wilgotności powietrza). Sporadycznie stosowano również higrometry włosowe. Począwszy od 2004 r., do pomiarów wilgotności zaczęto wykorzystywać polimerowe czujniki pojemnościowe (czujnik typu HMP45 prod. Vaisala), umożliwiające pozyskanie danych z rozdzielczością 1 minuty. Trudno jednoznacznie stwierdzić, czy wprowadzenie nowego typu przyrządu wpłynęło na zakłócenie jednorodności serii pomiarowej. Przeprowadzona przez Róždzyńskiego [2013] analiza porównawcza na rocznych seriach pomiarowych dowodzi, że w eksploatowanych przyrządach obserwowane są niekontrolowane, różnokierunkowe procesy wpływające na charakterystyki pomiarowe urządzeń. W 15-20% przypadków zmiana różnic wskazań przyrządów może przekraczać dopuszczalne granice. Dzięki zaangażowaniu pracowników stacji meteorologicznej w Gorzowie, prowadzone są równoległe pomiary porównawcze wilgotności powietrza. Dowodzą one istnienia dużego zróżnicowania charakterystyk pomiarowych czujników wilgotności w zależności od konkretnego egzemplarza i to mimo wcześniejszego ich laboratoryjnego sprawdzenia. Sondy pomiarowe są wymieniane co najmniej raz w roku. Rozbieżność wskazań między przyrządami tradycyjnymi i automatycznymi obserwuje się szczególnie w zakresie wilgotności względnej 96-100%. Dodatkowo, w warunkach szybkich zmian wilgotności zauważa się większą bezwładność wskazań czujnika HMP45.

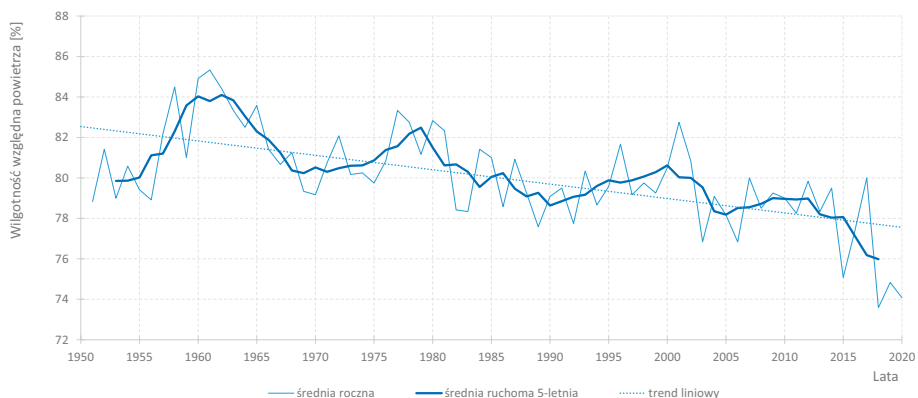
Do analizy klimatologicznej wykorzystano serię terminowych wartości wilgotności względnej w latach 1951-2020. Baza danych terminowych obejmuje: 3 wartości na dobę w okresie 1951-1965, 8 wartości na dobę w okresie 1966-1993, 24 wartości w okresie 1994-2020, w tym także dane minutowe w latach 2006-2020. Ze względu na zmiany terminów pomiarów i metod obliczania średnich wartości dobowych, zdecydowano się na przeliczenie średnich dobowych wartości w całym ciągu pomiarowym wg wzoru obowiązującego obecnie na stacjach klimatologicznych IMGW II rzędu, który wykorzystuje dane z trzech terminów pomiarowych i ma

postać: $(2 \times t_{06} + t_{12} + t_{18})$: 4. Zastosowanie tej metody umożliwiło wykorzystanie danych z 70-lecia, zachowując jednorodną metodę obliczenia średnich wartości dobowych. Analiza porównawcza przeprowadzona przez autora wykazała, że na poziomie średnich wartości rocznych wzór ten daje rezultaty średnio o 0,6% wyższe niż stosowany powszechnie wzór na stacjach synoptycznych z 8 terminów pomiarowych (skrajne różnice wyniosły od +0,2% do +1,1%).

Wilgotność względna powietrza

Średnia roczna wilgotność względna powietrza w latach 1951-2020 wyniosła 80%, skrajne wartości zawierały się w przedziale od 74% (lata 2018 i 2020) do 85% (lata 1958, 1960, 1961) (rys. 21). W analizowanym 70-leciu zauważa się nieznaczny trend malejący sięgający $-0,7\%$ na dekadę i jest to wartość istotna statystycznie. W rozbiciu na poszczególne miesiące zaznacza się różne tempo i kierunek zmian. W styczniu i listopadzie ujawnia się nieznaczna tendencja wzrostowa wilgotności względnej. Od lutego do października stopień nasycenia powietrza parą wodną ulega spadkowi, a największe spadki, sięgające $-1,7\%$ na dekadę, rejestrowane są w kwietniu i sierpniu (tab. 16). Co ciekawe, te dwa wymienione miesiące cechują się również najszybszym wzrostem średniej miesięcznej temperatury powietrza (por. rozdział Temperatura powietrza). Spadek wilgotności względnej powietrza w ujęciu wieloletnim, choć potwierdzony również na innych stacjach w Polsce [m.in. Urban 2020; Wypych 2021], należy traktować z ostrożnością ze względu na nie dość dobrze rozpoznany wpływ zmiany metody pomiaru na jednorodność serii pomiarowej. Dodatkowym czynnikiem mogącym mieć wpływ na spadek nasycenia powietrza parą wodną może być rozwój miasta w rejonie stacji w Gorzowie, przejawiający się malejącym udziałem powierzchni naturalnych i wzrostem udziału terenów nieprzepuszczalnych dla wody [Bartoszek i in. 2023].

W skali roku wilgotność względna wykazuje charakterystyczny sinusoidalny przebieg z maksimum w listopadzie i grudniu (90%) i minimum w maju i czerwcu (70-71%). Wiosenno-letnie minimum nasycenia powietrza parą wodną jest niekorzystnym czynnikiem w uprawie roślin, gdyż powoduje zwiększone parowanie z gruntu i zbiega się z okresem intensywnego wzrostu roślin. Warto odnotować, że roczny przebieg wilgotności powietrza nie nawiązuje do rocznego rozkładu opadów atmosferycznych. Największą miesięczną wartość wilgotności zanotowano w listopadzie 1958 r. (96%). Z kolei miesiącami o najbardziej suchym powietrzu (54%) były lipiec 2006 r. oraz kwiecień 2020 r. – równocześnie cechowały się one wyjątkowo wysokimi wartościami usłonecznienia.

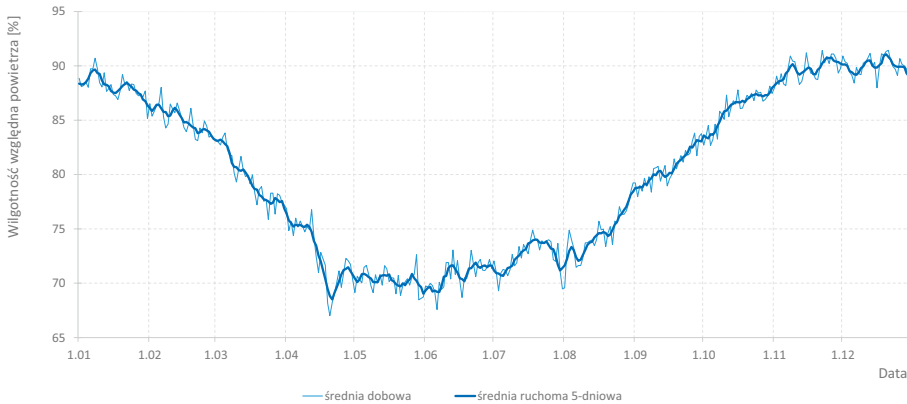


Rysunek 21. Wieloletni przebieg średniej rocznej wilgotności względnej powietrza (%) w Gorzowie w latach 1951-2020.

Tabela 16. Średnia miesięczna i roczna wilgotność względna powietrza (%) w Gorzowie w latach 1951-2020.

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Rok
Średnia	88	85	80	73	70	71	72	75	81	86	90	90	80
Trend %/10 lat	0,3	-0,3	-0,4	-1,7	-1,2	-1,1	-1,6	-1,7	-0,7	-0,4	0,2	0,0	-0,7
Minimum	78	70	69	54	58	55	54	58	69	75	83	84	74
Rok	1956	1956	2020	2020	2018	1992	2006	2015	2016	2018	1973	1955	2018 2020
Maksimum	94	92	86	83	85	81	84	87	90	93	96	95	85
Rok	2011	× 3	1954 1985	1956 1965	1961	1980	1954 1961	1960	2001	1976	1958	1959	× 3

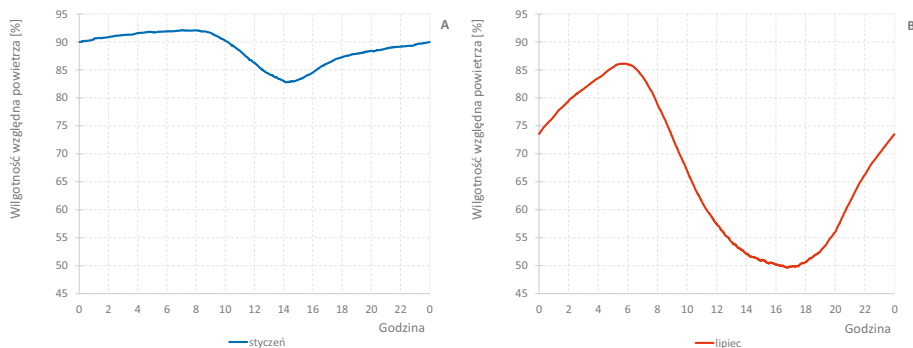
Rozkład roczny wilgotności względnej na podstawie średnich dobowych wartości ujawnia cechy przebiegu niewidoczne w opisie średnich wartości miesięcznych. Na początku roku średnia dobowa wilgotność względna waha się w zakresie 87-90%. W styczniu pojawia się nieregularny spadek wartości tego parametru, wyraźnie przyspieszający w marcu. W kwietniu, po przejściowej stabilizacji w I dekadzie, następuje szybki spadek do 67% na przełomie II i III dekady – to roczne minimum. W maju dobowa wilgotność waha się wokół 70%, a od czerwca do początku sierpnia zaznacza się powolny i nieregularny jej wzrost. Od połowy sierpnia wzrost ten znacznie przyspiesza i trwa do początku listopada. Przez kolejne dwa miesiące wilgotność oscyluje w granicach 88-91%, w tym okresie występuje kilka słabo wyrażonych rocznych maksimum (rys. 22).



Rysunek 22. Roczny przebieg średniej dobowej wilgotności względnej powietrza (%) w Gorzowie w latach 1951-2020.

Najwyższe terminowe wartości wilgotności względnej zmierzone w Gorzowie osiągnęły – co oczywiste – wielokrotnie 100%. Wartość ta może wystąpić w każdym miesiącu oraz o każdej porze doby, przy czym najczęściej pojawia się w okresie jesienno-zimowym oraz w drugiej części nocy i wczesnym rankiem; towarzyszą jej zazwyczaj mgły, opady i niska podstawa chmur. Natomiast najniższa wilgotność w okresie 1951-2020 mierzona w trzech terminach klimatologicznych na dobę wyniosła 16% (14 czerwca 1966 r.). Z kolei w ostatnim 55-leciu 1966-2020 (spośród ośmiu terminów pomiarowych na dobę) minimum sięgnęło 15% (3 kwietnia 2005 r.). Począwszy od 2006 r., pomiary wilgotności są archiwizowane z rozdzielczością czasową co minutę – z tego okresu absolutne minimum osiągnęło 14% i zarejestrowano je dwukrotnie – 20 lipca 2006 r. i 19 kwietnia 2019 r.

Dobowy przebieg wilgotności względnej powietrza wykazuje silną zależność odwrotną do przebiegu temperatury powietrza, znacznie większe zróżnicowanie występuje latem niż zimą. Na rysunku 23 zamieszczono dobowy przebieg średniej wilgotności względnej z rozdzielczością minutową na przykładzie stycznia i lipca. W najchłodniejszym miesiącu roku dobowe wahania nie przekraczają 10%, minimum występuje w godz. 14:00-14:30, natomiast słabo zarysowane maksimum jest rejestrowane w godz. 6:45-8:15. Wyraźniejszy dobowy przebieg pojawia się latem, w lipcu najwyższe wartości mierzone są w godz. 5:20-6:00, a zatem tuż po wschodzie Słońca. Dobowe minimum wilgotności zbiega się czasowo z dobowym maksimum temperatury powietrza – ok. godz. 16:45. W lipcu średnia dobowa amplituda wilgotności sięga 36%.

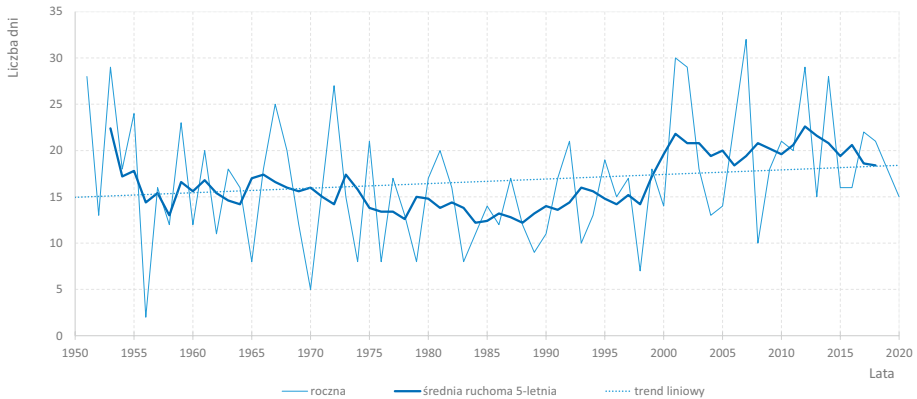


Rysunek 23. Dobowy przebieg średniej minutowej wilgotności względnej powietrza (%) w Gorzowie w latach 2006-2020: A - w styczniu, B - w lipcu.

Parność

W warunkach dużej zawartości pary wodnej połączonej z wysoką temperaturą powietrza pojawia się stan parności, będący czynnikiem niekorzystnie wpływającym na samopoczucie człowieka. Parność spowalnia proces parowania z powierzchni ciała, zakłócając w ten sposób funkcjonowanie układu termoregulacyjnego człowieka. Powszechnie stosowaną w bioklimatologii metodą wyznaczania stanu parności jest kryterium Scharlau'a, tj. za dzień parny uznaje się taki dzień, w którym prężność pary wodnej przynajmniej w jednym terminie pomiarowym osiągnęła lub przekroczyła 18,8 hPa. Podstawą wyliczenia prężności pary wodnej był wzór obowiązujący w IMGW od 2003 r. [Instrukcja dla stacji... 2015], do którego podstawiono terminowe wartości temperatury powietrza i wilgotności względnej. Należy zaznaczyć, że na roczną liczbę dni parnych ogromny wpływ ma liczba pomiarów na dobę uwzględnionych w analizie. Przykładowo, w latach 1996-2020 średnia roczna liczba dni parnych wynosiła w zależności od liczby pomiarów na dobę: przy trzech terminach na dobę – 19,2 dnia, przy ośmiu terminach – 26,3 dnia, przy dwudziestu czterech terminach – 30,2 dnia. Do wyznaczenia dni parnych wykorzystano serię pomiarową z wielolecia 1951-2020 w oparciu o trzy terminy obserwacyjne na dobę, dzięki czemu powstał możliwie najdłuższy ciąg jednorodny, a wyniki mogą być porównywalne z większością badań prowadzonych w Polsce. W celu wyznaczenia dobowego przebiegu stanów parności wykorzystano cogodzinną serię pomiarową z okresu 1996-2020.

W ostatnim 70-leciu średnia roczna liczba dni parnych wyniosła 16,7, a zakres jej zmian wynosił od 2 dni w roku 1956 do 32 dni w roku 2007. W przebiegu wieloletnim zaznacza się nieznaczny wzrost liczby dni z pogodą parną (rys. 24), tempo wzrostu wynosi 0,5 dnia na dekadę i nie jest istotne statystyczne. Wyraźny wzrost liczby dni parnych nastąpił na przełomie XX i XXI wieku.

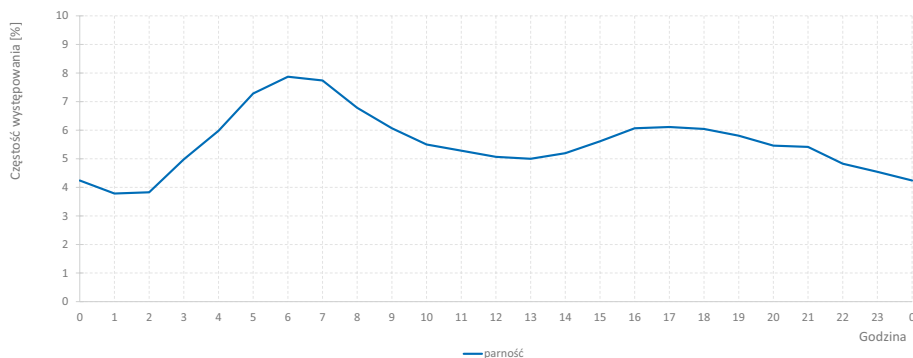


Rysunek 24. Wieloletni przebieg rocznej liczby dni parnych w Gorzowie w latach 1951-2020.

W przebiegu rocznym dni parne mogą występować od pierwszej dekady maja do drugiej dekady października, z maksimum w lipcu i sierpniu (średnio po ok. 6 dni w miesiącu). Miesiące o największej liczbie dni z pogodą parną wystąpiły w sierpniu 2001 r. i sierpniu 2002 r. – po 17 dni.

Dobowy przebieg częstości pogody parnej ma nietypowy rozkład, częściowo nawiązujący do dobowego przebiegu ciśnienia powietrza, tj. w ciągu doby występują dwa maksima i dwa minima (rys. 25). Najczęściej pogoda parna pojawia się w godzinach rannych (godz. 5-7), co pokrywa się z terminem dobowego maksimum wilgotności względnej i minimum temperatury powietrza. Drugie z kolei maksimum występuje w godz. 16-18. Najrzadziej stan parności notuje się w nocy (godz. 1-2).

Szczególnie uciążliwe dla samopoczucia i zdrowia człowieka są długotrwałe utrzymujące się stany parności. Najdłuższy okres z pogodą parną w Gorzowie trwał 7 dni i został zarejestrowany w dniach 19-25 lipca 1959 r. (spośród trzech obserwacji na dobę). Warty odnotowania był 11-dniowy okres między 13 a 23 sierpnia 2001 r., kiedy to przez 90% cegodzinnych obserwacji notowano stan parności; wtedy też miał miejsce 100-godzinny nieprzerwany okres z parnością. Najwyższą wartość prężności pary wodnej, co można określić jako „maksimum parności”, odnotowano dwukrotnie: 3 sierpnia 2003 r. (godz. 16) i 15 sierpnia 2015 r. (godz. 20) – 27,6 hPa. Spośród wartości minutowych absolutne maksimum osiągnęło 30,4 hPa i zostało zarejestrowane 15 sierpnia 2015 r. Tak wysoki poziom zawartości pary wodnej w powietrzu jest czynnikiem wyjątkowo niekorzystnie wpływającym na samopoczucie człowieka, potęguje wrażenie duszności, utrudnia oddychanie i zakłóca proces termoregulacji organizmu.



Rysunek 25. Dobowy przebieg częstości występowania stanu parności (%) w Gorzowie w okresie maj-październik w latach 1996-2020.

Zróżnicowanie przestrzenne

Przestrzenny rozkład wilgotności względnej powietrza na terenie miasta można ocenić m.in. na podstawie rocznej serii pomiarowej (od maja 1954 r. do kwietnia 1955 r.) z trzech stacji położonych w obrębie różnych form terenu (tab. 17). Nie jest zaskoczeniem, że najwyższe wartości wilgotności były mierzone na dnie doliny Warty (80%), nieco niższe na zboczu, a najniższe na wysoczyźnie (77%). Zależność ta jest widoczna zarówno w wartościach terminowych, jak i średnich miesięcznych. W przebiegu dobowym największe średnie różnice między stacjami były notowane w terminie wieczornym i wynosiły 6%. Z kolei w przebiegu rocznym największe średnie różnice występowały na przełomie zimy i wiosny, a w marcu 1955 r. na stacji IUNG (dno doliny) średnia wilgotność powietrza była o 9% wyższa niż na stacji PIHM (wierzchowina). Średnie wartości między stacjami w terminie wieczornym różnią się nawet o 10-12%.

Patrolowe pomiary mikroklimatyczne przeprowadzone w 1968 r. potwierdzają, że w godzinach porannych i wieczornych, podczas radiacyjnego typu pogody, na dnie doliny w sąsiedztwie rzeki Warty notuje się najwyższą wilgotność względną. Od tego miejsca wilgotność wyraźnie maleje w kierunku wierzchowiny, a nieznacznie maleje w stronę bardziej oddalonych od koryta rzeki punktów w obrębie pradoliny [Prawdziej 1970].

Tabela 17. Średnia wilgotność względna powietrza (%) na stacjach meteorologicznych w Gorzowie w okresie od maja 1954 r. do kwietnia 1955 r.

Stacja	Średnia dobowa	Średnia terminowa		
		7	13	21
Wierzchowina	77	85	67	78
Zbocze	79	87	68	82
Dno doliny	80	86	69	84

Wyżej opisane prawidłowości znajdują potwierdzenie w spostrzeżeniach obserwatorów stacji IMGW w Gorzowie, którzy wskazują na większą częstość i intensywność występowania mgieł i osadów w pradolinie. Obserwacje te można uznać za pośrednią metodę oceny zróżnicowania wilgotności powietrza. W ostatnim 10-leciu wystąpiło ponad 100 dni, w których notowano mgłę w dolinie Warty, podczas gdy na znajdującej się

na wierzchołku stacji synoptycznej wilgotność względna nie przekroczyła 90%. Skrajny przypadek odnotowano 25 kwietnia 2015 r. w godzinach wczesnoporannych, wówczas nad łąkami nadwarciańskimi obserwowano mgłę, a wilgotność w tym czasie na wysoczyźnie wynosiła zaledwie 65-68%. Pracownicy stacji wzmiankują również częstsze i intensywniejsze występowanie osadów rosy i szronu przy gruncie w lewobrzeżnej części miasta niż na wysoczyźnie. Obserwacje te, dotyczące przeważnie pory wieczornej i porannej, świadczą o okresowo wyższym nasyceniu powietrza parą wodną w rejonie doliny Warty niż nad wysoczyzną częścią Gorzowa. Poza tym obszarami o wyższej wilgotności względnej na terenie miasta są rejon zbiorników wodnych (Jezioro Błotne i tzw. ruski stawek oraz starorzeczka i kanały w dolinie Warty), sąsiedztwo cieków (dolina rzeki Kłodawki i Srebrnej), głębokie i zacienione dolinki, a także obszary leśne i większe parki.

Zachmurzenie

Zachmurzenie uważane jest przez naukowców za jeden z najważniejszych elementów pogody i klimatu. Z jednej strony chmury są oznaką procesów i zmian zachodzących w atmosferze, z drugiej – ich obecność wpływa na przebieg innych elementów meteorologicznych (np. promieniowanie słoneczne, temperatura i wilgotność powietrza, opady). Z tych powodów zachmurzenie określa się mianem kompleksowego wskaźnika stanu atmosfery [Matuszko 2018].

Obserwacje zachmurzenia w Gorzowie prowadzone są niezmiennie przez obserwatorów meteorologicznych od 1874 r. W latach powojennych spostrzeżenia chmur obejmowały szereg elementów, m.in.: wielkość zachmurzenia ogólnego, wielkość zachmurzenia przez chmury piętra niskiego lub średniego, wysokość podstawy chmur piętra niskiego oraz opis chmur określający ich rodzaje, gatunki, odmiany, zjawiska szczególnie i chmury towarzyszące [określane wg WMO 2017].

W tym opracowaniu do analizy wykorzystano serię obserwacyjną zachmurzenia w latach 1951-2020 i okresów krótszych, uzależnionych od liczby obserwacji na dobę. Z serii o pełnej długości, składającej się z trzech obserwacji na dobę, wyznaczono jedynie dni o charakterystycznej wielkości zachmurzenia. Seria 55-letnia (1966-2020) składa się z ośmiu terminów obserwacyjnych na dobę, co pozwoliło wyliczyć średnie miesięczne i roczne wartości zachmurzenia ogólnego i niskiego oraz frekwencję poszczególnych grup rodzajów chmur. Cogodzinną serię obserwacyjną (24 obserwacje na dobę) uzyskano dla 25-lecia (1996-2020), co umożliwiło określenie dobowego przebiegu wielkości zachmurzenia.

Współczesną jednostką stosowaną do określania wielkości zachmurzenia są oktanty, czyli części ósme pokrycia nieba (np. 0 – niebo bezchmurne, 4 – niebo pokryte chmurami w połowie, 8 – niebo całkowicie zachmurzone oraz wartość specjalna 9 – niebo niewidoczne z powodu mgły, zamieci itp.). Do lepszego zobrazowania wielkości zachmurzenia oktanty zostały przeliczone na procenty – od 0% (niebo bezchmurne) do 100% (niebo całkowicie zachmurzone). Wartość 9 oktantów została potraktowana jako zachmurzenie 100%. Do roku 1965 zachmurzenie było określane w skali 11-stopniowej (0-10) – dane te zostały przeliczone na wartości procentowe.

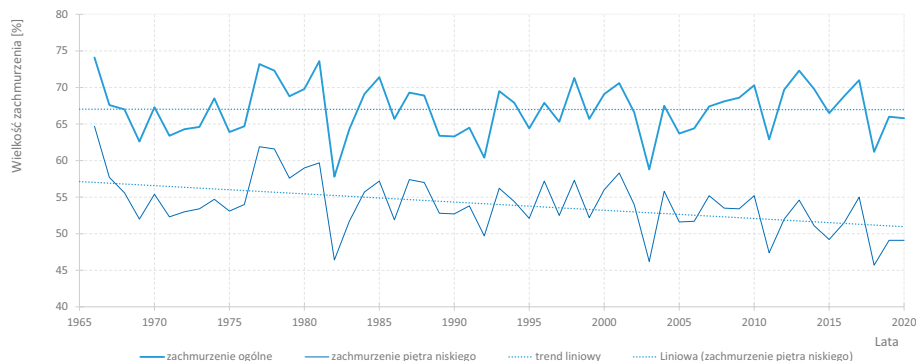
Rzetelna ocena jakościowa chmur należy do najtrudniejszych zadań stawianym obserwatorom na stacjach meteorologicznych. Wprowadzie zasady klasyfikacji chmur są szczegółowo i precyzyjnie ujęte w instrukcjach [WMO 2017], jednak niezmierne bogactwo postaci chmur i ich nieustanne przeobrażanie się nastroczają sporo trudności w odpowiednim przyporządkowaniu danej chmury do odpowiednich rodzajów, gatunków i od-

mian. Negatywnie na jakość danych dotyczących chmur wpływają: rutyna obserwatorów o długim stażu, brak doświadczenia młodych pracowników oraz panujące na stacjach wieloletnie, niepisane zwyczaje i nawyki niemające naukowego uzasadnienia, które prowadzą do nadreprezentatywności jednych postaci chmur przy niedoszacowaniu innych. Coraz większym problemem w rzetelnej ocenie zachmurzenia jest tzw. zanieczyszczenie światłem okolic stacji w porze nocnej; dotyczy to nie tylko stacji w Gorzowie, ale większości stacji w Polsce. Przeprowadzona przez autora analiza porównawcza jakości wyników obserwacji chmur na stacjach synoptycznych w Polsce w latach 2011-2020 (dane niepublikowane) wskazuje, że dane pochodzące ze stacji w Gorzowie są wiarygodne i reprezentatywne.

Zapis rodzajów chmur od 1966 r. jest zarchiwizowany w postaci liczb klucza synoptycznego określanego osobno dla piętra niskiego, średniego i wysokiego (liczby klucza odpowiednio C_L , C_M , C_H). Na potrzeby tego opracowania wprowadzono autorski podział chmur na podstawie wspomnianych liczb klucza: chmury pierzaste (C_H : 1-9 obejmuje chmury z rodzaju *Cirrus*, *Cirrocumulus*, *Cirrostratus*), chmury warstwowe (C_L : 6-7, C_M : 1-2 – *Stratus*, *Altostratus*, *Nimbostratus*), chmury kłębiasto-warstwowe (C_L : 4-5, 8, C_M : 3-9 – *Stratocumulus*, *Alto cumulus*), chmury kłębiaste (C_L : 1-3, 9 – *Cumulus*, *Cumulonimbus*). Taka typologia pozwala przekształcić informację meteorologiczną (chwilowa postać chmur) na wartość możliwą do zastosowania w analizie klimatologicznej o większym stopniu zgeneralizowania, tj. zamiast dziesięciu rodzajów chmur otrzymujemy cztery grupy chmur.

Średni roczny stopień pokrycia nieba przez chmury w latach 1966-2020 wyniósł 67%, tj. 5,4 oktanta (dla porównania, średnie zachmurzenie w tym okresie wyliczone z trzech obserwacji na dobę wyniosło 70%). To wartość typowa dla całej Polski; większym zachmurzeniem cechują się obszary na północny wschód od Gorzowa (Pojezierze Pomorskie), natomiast mniejsze zachmurzenie występuje w stronę Niziny Wielkopolskiej oraz w kierunku północnym (wybrzeże Bałtyku). W ostatnim 55-leciu średnie roczne zachmurzenie wahało się od 58% (1982 r.) i 59% (2003 r.) do 74% (1966 i 1981 r.). Linia trendu zachmurzenia ogólnego wskazuje na brak wyraźnych zmian w czasie, co zbiega się z wynikami badań Filipiaka [2021] na stacjach w tej części kraju. Na rysunku 26 zamieszczono również porównawczo przebieg średniego zachmurzenia przez chmury piętra niskiego (a w przypadku ich braku – przez chmury piętra średniego). Obie wielkości zachmurzenia w przebiegu wieloletnim – co zrozumiałe – wykazują silne wzajemne powiązanie, jednak od drugiej połowy pierwszej dekady XXI wieku obserwuje się powiększającą różnicę między nimi. Wskazuje to na przemiany zachodzące w strukturze jakościowej zachmurzenia, o czym będzie kilka akapitów niżej.

W przebiegu rocznym największy udział chmur na niebie notowany jest w miesiącach zimowych z maksimum w grudniu (przeciętnie 81%), a najmniejszy wiosną i latem z minimum w sierpniu (57%) oraz kolejnym w maju (60%). Taki rozkład jest charakterystyczny dla klimatu Polski i związany z większą aktywnością niżów w chłodnej porze roku, którym towarzyszą rozległe strefy zachmurzenia. Najbardziej zachmurzone miesiące osiągają średnią ponad 90% z rekordowo pochmurnym styczniem 2013 (92%). Natomiast w pogodne miesiące średnie zachmurzenie spada poniżej 40%, a rekordowo słoneczny okazał się kwiecień 2009 r. (31%) (tab. 18).



Rysunek 26. Wieloletni przebieg średniego rocznego zachmurzenia ogólnego i zachmurzenia przez chmury piętra niskiego (%) w Gorzowie w latach 1966-2020.

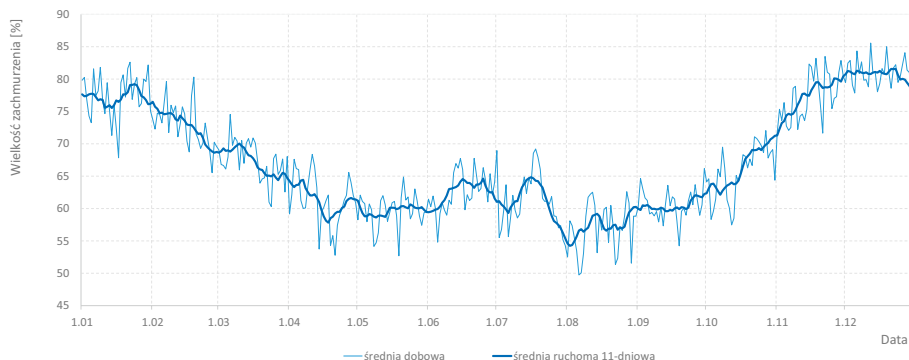
Tabela 18. Średnie miesięczne i roczne zachmurzenie ogólne (%) w Gorzowie w latach 1966-2020.

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	ROK
Średnie	78	73	67	61	60	63	61	57	61	66	77	81	67
Maksymalne	92	91	87	81	81	78	86	75	83	86	89	91	74
Rok	2013	2013	1981	1986	2010	1985 1987	2000	2006	1978	1974	2010	2018	1966 1981
Minimalne	63	52	48	31	40	43	37	38	38	43	58	50	58
Rok	1971 1993	2003	1974	2009	1989	2019	2006	1973	2006	2005	2011	1972	1982

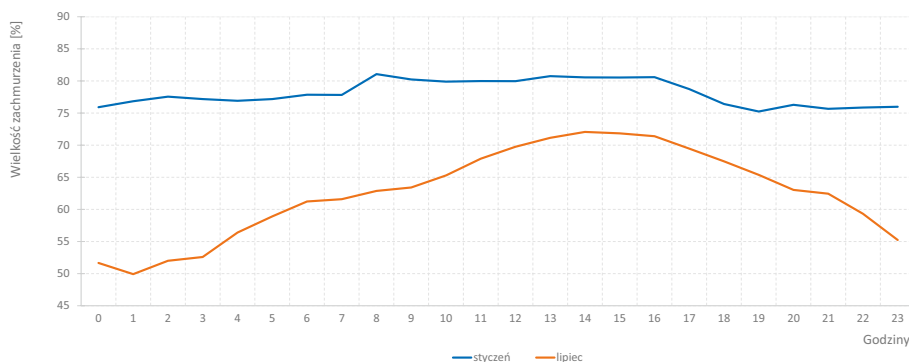
Bardziej szczegółowych informacji dostarcza analiza przebiegu rocznego średnich wieloletnich dobowych wartości zachmurzenia (rys. 27). Bardzo duże wahania z dnia na dzień świadczą o dużej przypadkowości tych zmian, dopiero zastosowanie średniej ruchomej 11-dniowej uwidacznia cechy charakterystyczne w rocznym przebiegu wielkości pokrycia nieba przez chmury. Od trzeciej dekady stycznia rozpoczyna się powolny i długotrwały spadek zachmurzenia z 80% do poniżej 60% w połowie kwietnia. Od tego momentu zaznaczają się nieregularne wahania wokół wartości 60% trwające do pierwszej dekady czerwca. Od przełomu pierwszej i drugiej dekady czerwca zarysowuje się charakterystyczny wzrost do blisko 65% i trwający do trzeciej dekady czerwca. Jest to osobliwość w klimacie Europy Środkowej, znajdująca odbicie również w spadku całkowitego promieniowania słonecznego, usłonecznienia i temperatury powietrza. W lipcu obserwuje się znaczne zmiany w średniej dobowej wielkości pokrycia nieba przez chmury – po wroście w pierwszej połowie miesiąca (do ok. 65%) następuje szybki i wyraźny spadek do rocznego minimum zachmurzenia (poniżej 55%) na początku sierpnia. Po sierpniowych wahaniami (55-60%) następuje stabilizacja przebiegu we wrześniu. Od połowy października obserwuje się znaczący wzrost zachmurzenia z ok. 65% do 80% pod koniec listopada. W najbardziej pochmurnym miesiącu – grudniu – notuje się nieregularne wahania. Dopiero pod koniec trzeciej dekady grudnia zaznacza się nieznaczne zmniejszenie zachmurzenia trwające do połowy stycznia.

Wieloletnie obserwacje zachmurzenia pozwalają dostrzec jego przeciętny dobowy cykl. Najmniejsze różnice w przebiegu dobowym obserwowane są w miesiącach zimowych; w styczniu słabo widoczne i wydłużone maksimum pojawia się w godzinach 8-16 (80-81%), a słabe minimum (75%) wieczorem. Znacznie większe zróżnicowanie między dniem a nocą występuje od wiosny do jesieni. W lipcu najbardziej zachmurzone niebo

jest w godz. 13-16 (71-72%), a najmniej – nocą, z minimum o godz. 1 (50%). W cieplej porze roku częściej występują chmury kłębiaste pojawiające się przed południem z maksimum rozwoju w godzinach popołudniowych i zanikające pod wieczór (rys. 28).



Rysunek 27. Roczny przebieg średniego dobowego zachmurzenia ogólnego (%) w Gorzowie w latach 1966-2020.



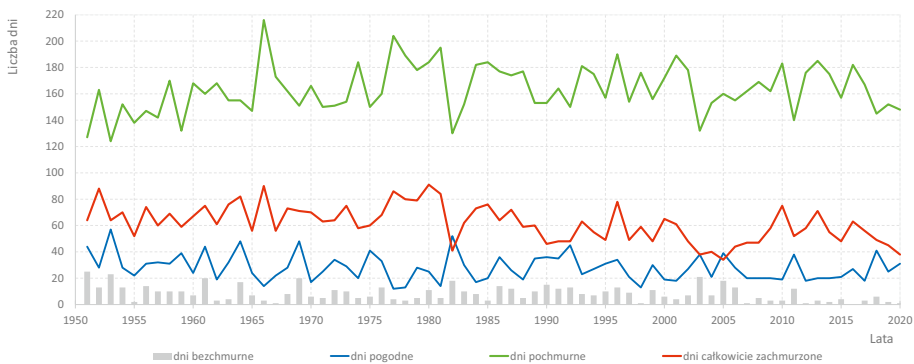
Rysunek 28. Dobowy przebieg średniego godzinowego zachmurzenia ogólnego (%) w Gorzowie w latach 1966-2020.

W literaturze klimatologicznej zachmurzenie opisuje się również za pomocą dni charakterystycznych o progowych wartościach zachmurzenia. Wyznacza się je na podstawie trzech obserwacji w ciągu doby, co umożliwiło wydłużenie okresu analizy do 70 lat. Kryteria wydzielenia takich dni opierają się na dobowej sumie zachmurzenia, która po przeliczeniu na wartość średnią dobową jest klasyfikowana następująco [Instrukcja dla stacji... 1988; Matuszko 2018]: dzień bezchmurny = 0%, dzień pogodny <20%, dzień pochmurny >80%, dzień z całkowitym zachmurzeniem = 100%.

Najrzadziej notowane są dni bezchmurne – w wieloleciu 1951-2020 średnio niecałe 9 dni w roku; najwięcej takich dni wystąpiło w roku 1951 (25) i 1953 (23), natomiast w roku 2016 żaden dzień nie był bezchmurny, a w latach 1967, 1998, 2007, 2012 i 2020 odnotowano po jednym dniu z niebem pozbawionym chmur (rys. 29). Wieloletni przebieg tego parametru wskazuje na obecność spadkowe-

go trendu istotnego statystycznie o wartości $-1,1$ dnia na dekadę. Szczególnie mało dni bez chmur pojawiało się w ostatnich 15 latach omawianej serii. W skali roku wystąpienie dni bezchmurnych jest najbardziej prawdopodobne w styczniu i lutym (nieco powyżej 1 dnia w miesiącu), czyli – paradoksalnie – w miesiącach o dużym średnim zachmurzeniu. Związane jest to z pojawianiem się zimą charakterystycznego typu pogody pod wpływem wyżu z centrum nad Europą środkową, wówczas zdarzają się dłuższe okresy bezchmurnej i mroźnej pogody. Najdłuższy ciąg następujących pod siebie dni bezchmurnych miał miejsce w dniach 15-23 marca 1953 r. (9 dni) oraz 22-27 lutego 2003 r. (6 dni). Dni bezchmurne najrzadziej występują w czerwcu, lipcu oraz listopadzie (0,3 dnia w miesiącu).

Częściej obserwowane są dni pogodne (średnie dzienne zachmurzenie $<20\%$). Rocznie występuje przeciętnie 28 takich dni, z minimum w roku 1977 (12 dni) i maksimum w roku 1953 (57 dni). W ostatnim 70-leciu następował spadek wartości tego parametru w tempie $-1,2$ dnia na dekadę (istotny statystycznie). Wieloletni przebieg liczby pogodnych wyraźnie nawiązuje do krzywej liczby dni bezchmurnych. Roczna zmienność liczby dni pogodnych nie jest duża i waha się średnio od 1,1 dnia w listopadzie do 3,1 dnia w marcu i kwietniu (tab. 19).



Rysunek 29. Wieloletni przebieg rocznej liczby dni o charakterystycznej wielkości zachmurzenia w Gorzowie w latach 1951-2020.

Tabela 19. Miesięczne i roczne liczby dni o charakterystycznej wielkości zachmurzenia w Gorzowie w latach 1951-2020.

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	ROK
dni bezchmurne													
Średnia	1,1	1,1	1,2	0,7	0,4	0,3	0,3	0,4	0,9	1,1	0,3	0,6	8,5
Maksymalna	5	7	10	3	3	4	4	3	6	13	3	4	25
Rok	× 3	1976 2003	1953	× 6	1999	1970	1952	1953	1961	1951	1973	1972	1951
Minimalna	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Rok	× 34	× 36	× 37	× 37	× 51	× 55	× 55	× 47	× 43	× 34	× 55	× 43	2016
Dni pogodne													
Średnia	2,1	2,2	3,1	3,1	2,5	2,1	2,3	2,3	3,0	2,7	1,1	1,4	28,1
Maksymalna	7	10	13	11	9	8	8	8	11	15	4	9	57
Rok	1961	1976	1953	1953 2019	2018	1986	1971	1973	2005	1951	× 3	1972	1953
Minimalna	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12,0
Rok	× 15	× 18	× 12	× 10	× 13	× 20	× 16	× 8	× 16	× 13	× 26	× 26	1977
Dni pochmurne													
Średnia	18,5	15,2	14,4	11,6	10,9	10,2	10,6	9,3	11,2	13,5	17,9	20,1	163,5
Maksymalna	27	23	24	23	20	19	23	18	23	26	23	29	216
Rok	1966	2009 2013	1981	1986	2010	1985	1974	1977	1978	1960	× 9	2018	1966
Minimalna	10	6	4	0	3	2	2	3	2	2	9	9	124
Rok	1993	2014	1953	2009	1989	2019	1994	1968	1959	1951 1965	2011	1972	1953
Dni całkowicie zachmurzone													
Średnia	10,0	8,0	5,6	3,4	2,3	1,5	1,5	1,2	2,2	5,2	9,6	11,3	61,8
Maksymalna	21	15	15	13	7	6	6	6	10	15	19	18	91
Rok	1953	× 3	1954	1956	× 3	1988	1961 1980	1977	1978 2001	1976	1952 1993	1968	1980
Minimalna	3	1	1	0	0	0	0	0	0	0	3	4	34
Rok	1975 1993	1997 2002	× 5	× 10	× 15	× 23	× 24	× 27	× 17	1965 2005	1986	1972	2005

Blisko połowę roku stanowią dni pochmurne (średnie dzienne zachmurzenie >80%) – przeciętnie 164 dni. W wieloletniej wartości te zmieniały się od 124 dni (1953 r.) do 216 dni (1966 r.). W ostatnim 70-leciu zaznacza się niewielki wzrost liczby dni pochmurnych – o ok. 1,7 dnia na 10 lat (nieistotny statystycznie). Na wzrost ten wpływ miały głównie stosunkowo niskie wartości w pierwszym 15-leciu serii. Roczny przebieg liczby dni z dużym zachmurzeniem nawiązuje do przebiegu wielkości zachmurzenia, najczęściej pochmurna pogoda pojawia się w grudniu (20 dni) i w styczniu (19 dni), a najrzadziej w sierpniu (9 dni). Miesiącem o rekordowo dużej liczbie dni pochmurnych był grudzień 2018 r. (29 dni) oraz grudzień 1971 r. i styczeń 1966 r. (po 27 dni). Niezwykły był kwiecień 2009 r., wówczas nie zaobserwowano ani jednego dnia pochmurnego.

Opisany parametr dni pochmurnych, choć powszechnie stosowany w opracowaniach klimatologicznych, jest obciążony nadużyciem znaczeniowym. Dzień pochmurny określany jest na podstawie wielkości zachmurzenia ogólnego, bez rozróżnienia na rodzaj chmur i ich stopień przezroczystości. Każdego roku zdarzają się dni zaklasyfikowane jako pochmurne, mimo że na niebie występują chmury piętra wysokiego, które nie stanowią istotnej przeszkody w dopływie promieniowania słonecznego do powierzchni ziemi i w odbiorze przeciętnego człowieka takie dni zostałyby uznane za słoneczne. Jaskrawy przykład odnotowano w Gorzowie 6 czerwca

2010 r., który to dzień został uznany jako pochmurny (występowały cienkie chmury piętra wysokiego), mimo że dobowe usłonecznienie sięgnęło 15,3 h (92% usłonecznienia możliwego tego dnia). Na podstawie danych z Gorzowa ocenia się, że wliczanie chmur piętra wysokiego do klasyfikacji dni pochmurnych powoduje przeszacowanie ich liczby o ok. 10-15% w skali roku.

Przebieg liczby dni z zachmurzeniem całkowitym nawiązuje do przebiegu liczby dni pochmurnych. Przeciętnie w roku notuje się 62 dni, w których chmury przesłaniają niebo całkowicie. W poszczególnych latach wartość zmieniała się w zakresie od 34 (2005 r.) i 38 (2003, 2020 r.) do 90 (1966 r.) i 91 dni (1980 r.). Linia trendu wskazuje na wyraźny spadek tego parametru – średnio o 3,5 dnia na 10 lat i jest istotna statystycznie. W skali roku dni z zachmurzeniem całkowitym najrzadziej pojawiają się od maja do września (średnio 1-2 dni w miesiącu), a najczęściej w sezonie zimowym (11 dni w grudniu i 10 dni w styczniu). W latach 1951-2020 miesiącami o największej liczbie takich dni był styczeń 1953 r. (21 dni). Natomiast najdłuższe ciągi z całkowitą pokrywą chmur na gorzowskim niebie trwały 14 dni (2-15 grudnia 1959 r.) i 12 dni (8-19 stycznia 1996 r.).

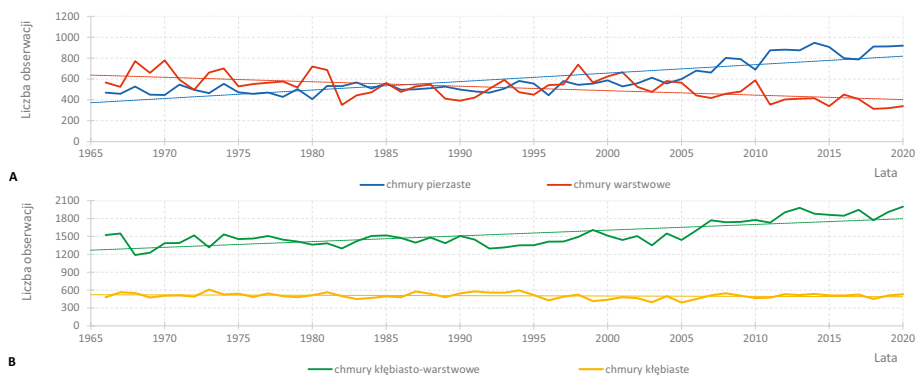
Analiza parametrów związanych z wielkością zachmurzenia nie w pełni oddaje charakterystykę chmur, równie istotne będzie przyjrzenie się zmianom jakościowym chmur. Pierwsza oznaka zmian zachodzących w składzie rodzajowym zachmurzenia była widoczna na rysunku 26. Powiększająca się w ostatnich kilkunastu latach różnica między wielkością zachmurzenia ogólnego a zachmurzenia przez chmury piętra niskiego świadczy o malejącym udziale tych ostatnich w wielkości zachmurzenia ogólnego.

Chmury pierzaste to chmury piętra wysokiego: *Cirrus*, *Cirrocumulus* i *Cirrostratus*. Żadna z nich nie przynosi opadów, są cienkie, pierzaste; nawet jeśli przesłaniają tarczę słoneczną, to z reguły nie zmniejszają odczuwalnie dopływu promieniowania słonecznego. Wieloletni przebieg częstości obserwowania chmur wysokich wskazuje na istnienie trendu rosnącego z przyspieszeniem wzrostu w ostatnim 15-leciu (rys. 30A). Nie można z tego jednoznacznie wnioskować, że chmury pierzaste występują coraz częściej na niebie, są jedynie częściej widoczne dla obserwatora z ziemi.

Chmury warstwowe (tu: *Altostratus*, *Nimbostratus* i *Stratus*) z reguły pokrywają niebo w znacznym procencie, najczęściej zasłaniają tarczę słoneczną i wiążą się z nimi opady jednostajne, nierzadko długotrwałe. W wieloletnim przebiegu częstość pojawiania się chmur warstwowych wykazuje tendencję malejącą z nasileniem spadku w XXI wieku (rys. 30A).

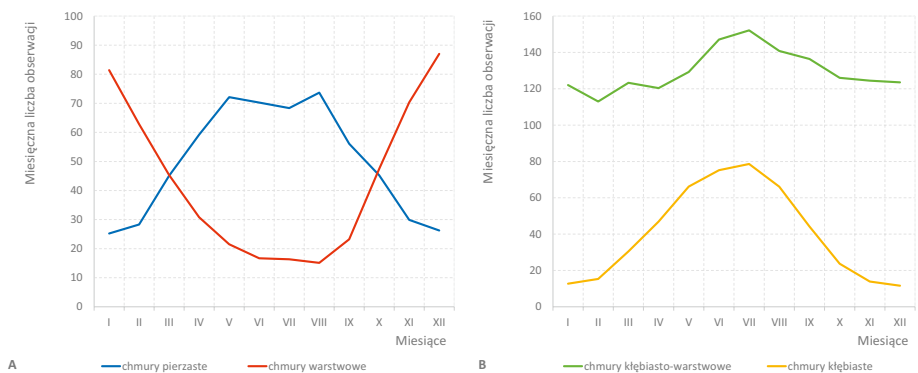
Chmury kłębiasto-warstwowe są najczęściej spotykanymi chmurami na niebie, notowanymi przeciętnie w ciągu 53% obserwacji w roku; do tej grupy zaliczono: *Stratocumulus* i *Altostratus*. Chmury z tych rodzajów przybierają różne postacie, mogą być cienkie, poprzerywane i przeświecające, mogą też całkowicie pokrywać niebo i zasłaniać Słońce. Grubsze i rozległe warstwy chmur *Stratocumulus* mogą przynosić słabe opady. Częstość występowania chmur kłębiasto-warstwowych wykazuje wyraźną tendencję rosnącą, tempo wzrostu przyspieszyło w drugiej połowie pierwszej dekady XXI w (rys. 30B).

Charakterystyczne i łatwo rozpoznawalne chmury z rodzaju *Cumulus* i *Cumulonimbus* zostały zaliczone do grupy chmur kłębiastych. Częstość ich obserwowania w ostatnim półwieczu niewiele się zmieniła, linia trendu wykazuje nieznaczny spadek (rys. 30B). Bardziej szczegółowa analiza chmur kłębiastych wskazuje, że od końca XX w. obserwuje się stopniowy spadek częstości chmur *Cumulonimbus* z jednoczesnym wzrostem częstości notowania chmur *Cumulus*.



Rysunek 30. Wieloletni przebieg rocznej liczby obserwacji z chmurami: A – pierzastymi i warstwowymi, B – kłębiasto-warstwowymi i kłębiastymi w Gorzowie w latach 1966-2020.

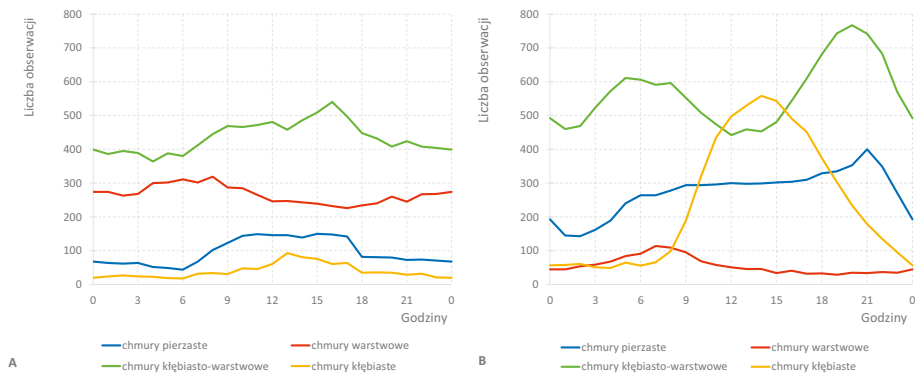
W rozkładzie rocznym występowania poszczególnych grup chmur zaznacza się wyraźna sezonowość. Do analiz wykorzystano dane z 55-lecia (1966-2020) i z ośmiu obserwacji na dobę. Chmury pierzaste najczęściej są notowane w ciepłej połowie roku z maksimum w sierpniu i minimum w grudniu i styczniu (rys. 31A). Pośrednią przyczyną takiego rozkładu jest spadek frekwencji chmur niższych pięter w okresie letnim, dzięki czemu są większe szanse na dostarczenie chmur najwyższego piętra. Odwrotny przebieg występuje w przypadku chmur warstwowych z maksimum zimą i minimum latem. Najczęściej pojawiające się na niebie chmury kłębiasto-warstwowe mają znacznie słabiej wyrażony cykl roczny, nieco większa częstość występuje latem, a mniejsza od jesieni do wiosny. Wyraźna sezonowość jest widoczna w rocznym przebiegu częstości notowania chmur kłębiastych – najrzadziej występują one od listopada do lutego, a najczęściej od maja do września (rys. 31B). Ma to związek z genezą chmur kłębiastych – najlepsze warunki do ich rozwoju występują latem przy intensywnym nagrzewaniu podłoża promieniami słonecznymi.



Rysunek 31. Roczny przebieg średniej miesięcznej liczby obserwacji z chmurami: A – pierzastymi i warstwowymi, B – kłębiastymi i kłębiasto-warstwowymi w Gorzowie w latach 1966-2020.

Obok rocznego cyklu frekwencji rodzajów chmur widoczny jest także cykl dobowy. Jego zbadanie było możliwe na podstawie cegodzinnych obserwacji z 25-lecia (1996-2020) i odnosiło się do najcieplejszego i najchłodniejszego miesiąca roku. Chmury pierzaste najczęściej notowane są w ciągu dnia, a po zachodzie Słońca zarówno zimą, jak

i latem, obserwuje się szybki spadek ich częstości. Nocami, zwłaszcza bez udziału światła Księżyca, zidentyfikowanie obecności tych chmur jest trudnym zadaniem; również ze względu na zanieczyszczenie światłem okolic stacji meteorologicznej w Gorzowie. Udział chmur warstwowych jest znacznie większy zimą niż latem. Zarówno w lipcu, jak i w styczniu dobowe maksimum chmur warstwowych pojawia się około wschodu Słońca, co ma związek z dobowym maksimum wilgotności i warunkami sprzyjającymi powstawaniu mgieł i niskich chmur *Stratus*. Z kolei chmury kłębiasto-warstwowe wykazują dużą frekwencję w ciągu całej doby, zarówno latem, jak i zimą. W styczniu chmury te najczęściej obserwowane są około zachodu Słońca, a w lipcu następują dwie dobowe kulminacje – wczesnym rankiem i wieczorem. Najwyraźniej zarysowany przebieg dobowy cechuje chmury kłębiaste latem. Wówczas największa szansa na ich spotkanie na niebie jest w godz. 14-15, a najmniejsza nocą. Zimą chmury kłębiaste występują znacznie rzadziej, a słabo wyrażone maksimum pojawia się w godz. 13-14 (rys. 32). O specyficznych układach chmur można przeczytać w rozdziale Osobliwości pogody i klimatu w rejonie Gorzowa.



Rysunek 32. Dobowy przebieg godzinowej liczby obserwacji z poszczególnymi grupami chmur w Gorzowie w wieloleciu 1996-2020: A - w styczniu, B - w lipcu.

Opady atmosferyczne i parowanie

Opady atmosferyczne są jedną z podstawowych charakterystyk klimatu danego miejsca, mają istotny wpływ na życie człowieka i na wiele elementów środowiska. Ten parametr meteorologiczny cechuje się dużą zmiennością zarówno w skali przestrzennej, jak i czasowej. Pomiarów opadów w Gorzowie zaczęto prowadzić w 1874 r. Początkowo wykonywano je deszczomierzem Mahlmanna, którego kwadratowy wlot miał powierzchnię ok. 1055 cm² i był umiejscowiony na wys. 2-3 m nad powierzchnią gruntu. Od 1884 r. pomiary wykonywane są deszczomierzem Hellmanna o okrągłej powierzchni wlotu 200 cm² umieszczonej 1 m nad powierzchnią gruntu. W 2014 r. nastąpiła zmiana zasad pomiarów opadów na stacjach synoptycznych IMGW-PIB z całodobową obsługą obserwatora: w okresie występowania opadów stałych i mieszanych wykorzystuje się deszczomierz Hellmanna, a w okresie opadów ciekłych sumę opadów należy określać na podstawie automatycznego deszczomierza korytkowego. Zmiana metodyki pomiaru opadów wprowadzona w 2014 r. miała na celu zwiększenie udziału wykorzystywania przyrządów automatycznych kosztem urządzeń obsługiwanych przez obserwatorów meteorologicznych. W rezultacie do pomiarów sum opadów w Polsce zaczęto wykorzystywać przyrządy o różnych zasadach działania (metoda objętościowa oraz wagowa), dające często nieporównywalne wyniki;

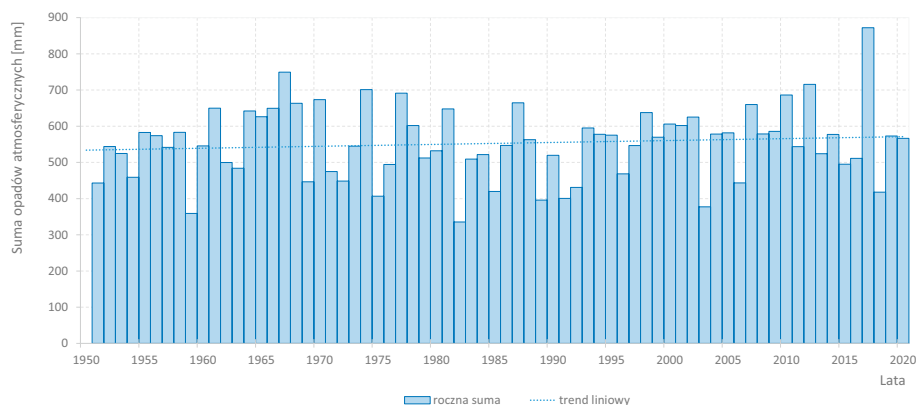
zdarzało się, że w tych samych okresach różne stacje użytkowały różne typy przyrządów doprowadzając do zerwania porównywalności danych sum opadów. Badania porównawcze przyrządów użytkowanych w IMGW-PIB wskazują, że deszczomierze automatyczne rejestrują – ogólnie ujmując – mniejsze wartości sum opadów niż deszczomierze Hellmanna [Lorenc 2006; Urban, Strug 2021]. Spostrzeżenia obserwatorów na temat serii porównawczej w Gorzowie wskazują, że przy opadach jednostajnych, zwłaszcza o natężeniu umiarkowanym i silnym, dochodzi do zawyżenia wartości rejestrowanych przez deszczomierz korytkowy. Natomiast podczas opadów przelotnych, krótkotrwałych, wskazania deszczomierza automatycznego bywają przeważnie niższe niż przyrządu tradycyjnego (dane niepublikowane). Z tego względu należy zwrócić szczególną uwagę na metodę pomiarową we wszelkich analizach opartych na sumach opadów z sieci meteorologicznej IMGW-PIB. Dzięki zaangażowaniu obserwatorów stacji meteorologicznej w Gorzowie nieprzerwanie i równoległe prowadzono całoroczne pomiary deszczomierzem Hellmanna. Na potrzeby tej pracy wykorzystano dobowe sumy opadów w 70-leciu 1951-2020 na podstawie pomiarów wyłącznie deszczomierzem Hellmanna. Dzięki temu uzyskano serię jednorodną ze względu na metodę pomiarową. Dane były kompletne. Dobowa suma opadów jest mierzona w okresie od godz. 06 UTC do godz. 06 UTC dnia następnego.

Suma opadów

Średnia roczna suma opadów atmosferycznych w ostatnim 70-leciu wyniosła 552,8 mm i jest to wartość porównywalna z terenami Polski nizinnej. Podobne, choć nieznacznie niższe wartości otrzymali inni autorzy badający zmienność opadów w Gorzowie w latach: 1951-2016 [Szyga-Pluta, Wojtkowiak 2019] i 1951-2018 [Łupikasa, Malarzewski 2021]. W wymienionych pracach nie uwzględniono, ani nawet nie wspomniano o zmianie przyrządu pomiarowego. Kirschenstein [2005] podaje, że wieloletnia suma opadów w latach 1861-1996 wyniosła 546,0 mm, mimo że początek pomiarów opadów w Gorzowie przypadł dopiero na rok 1874. W ostatnim 70-leciu w przebiegu sum rocznych z roku na rok obserwowana jest duża zmienność, minimalną wartość zanotowano w 1982 r. (335,4 mm, co stanowi 61% średniej), a maksimum w 2017 r. (871,9 mm – 158% średniej). W przebiegu wieloletnim obserwowany jest nieznaczny, nieistotny statystycznie trend wzrostowy, sięgający ok. 5 mm na 10 lat. Zastosowanie średniej 5-letniej sumy opadów pozwala wykryć tendencje krótkookresowe. W latach 50. opady kształtowały w pobliżu normy, kolejna dekada była najbardziej wilgotną w całym wieloleciu. Lata 70., pomimo znacznych wahań wartości rocznych, pozostawały w pobliżu przeciętnej, natomiast lata 80. i początek lat 90. okazały się najbardziej suchym okresem analizowanego 70-lecia. Począwszy od końca XX wieku aż do końca drugiej dekady XXI wieku sumy opadów kształtowały się w pobliżu normy bądź nieznacznie ją przekraczając (rys. 33).

Miesięczne sumy opadów wykazują typowy dla klimatu Polski przebieg (tab. 20) z maksimum w lipcu (72 mm) oraz minimum w lutym (31 mm). W ostatnim 30-leciu zarysowuje się tendencja do przesuwania rocznego minimum z lutego na kwiecień. Największa zmienność sum opadów pojawia się w lipcu – od 1,8 mm w 1969 r. do 194,7 mm w 1957 r. Z kolei najmniejsza rozpiętość miesięcznej sumy opadów obserwowana jest w lutym, marcu i kwietniu – jedynie w tych trzech miesiącach suma nie przekroczyła 90 mm. Najniższą sumę miesięczną zmierzono w kwietniu 2007 r. – zaledwie 0,8 mm, a także w styczniu 1996 r. (1,1 mm) i październiku 1951 r. (1,2 mm). Charakterystyczną dla tej części kraju cechą rocznego rozkładu opadów jest przewaga opadów jesiennych nad wiosennymi (w Gorzowie to odpowiednio 125 mm i 122 mm) oraz stosunkowo niewielka

w porównaniu do reszty kraju przewaga opadów letnich nad zimowymi (odpowiednio 193 mm i 113 mm). Parametry te wskazują, że reżim opadowy ziemi gorzowskiej cechują większe wpływy oceaniczne niż obszarów położonych w głębi kraju, gdzie przeważają wpływy kontynentalne [Kirschenstein 2005].



Rysunek 33. Wieloletni przebieg rocznych sum opadów atmosferycznych (mm) w Gorzowie w latach 1951-2020.

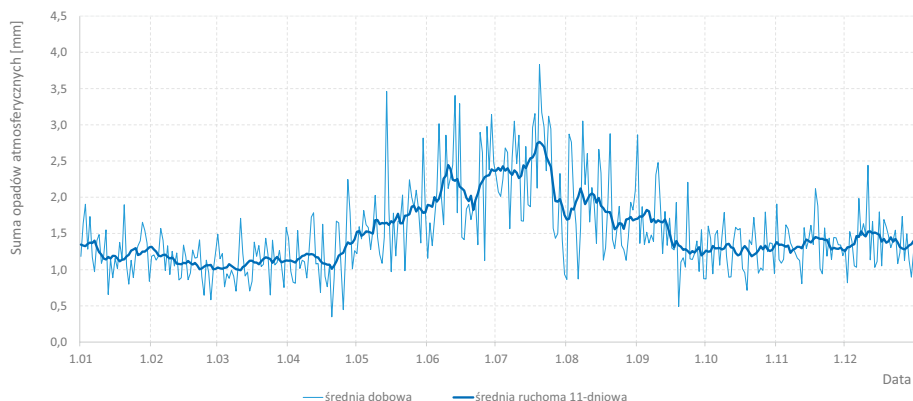
Tabela 20. Miesięczne i roczne sumy opadów atmosferycznych (mm) w Gorzowie w latach 1951-2020.

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	ROK
Średnia 1951-2020	39,1	31,2	34,0	35,3	52,6	63,8	72,0	56,9	44,8	39,4	40,8	42,9	552,8
Średnia 1951-1980	36,5	29,4	28,9	39,8	51,3	64,0	73,3	61,0	43,5	41,6	42,9	42,8	555,0
Średnia 1971-2000	35,4	27,5	34,8	36,0	49,4	66,8	65,6	52,6	42,1	35,5	39,3	46,2	531,2
Średnia 1991-2020	42,2	34,7	39,8	30,2	58,4	57,9	75,8	57,5	46,1	40,6	39,0	41,9	564,1
Trend mm/10 lat	1,4	1,0	2,1	-1,9	2,2	-0,1	0,2	-0,9	1,1	0,6	-0,4	0,1	5,3
Minimum	1,1	2,2	6,9	0,8	8,9	2,2	1,8	8,5	3,1	1,2	1,7	3,8	335,4
Rok	1996	2003	1974	2007	2008	2010	1969	1970	1959	1951	2011	1972	1982
Maksimum	115,8	88,0	85,2	88,0	120,5	171,5	194,7	149,9	114,7	113,7	114,1	105,2	871,9
Rok	1976	2002	2000	1970	1997	2017	1957	1977	2001	1974	1970	1974	2017

Wieloletnie zmiany w poszczególnych miesiącach są różnokierunkowe, na charakter tendencji nie ma wpływu pora roku. Wartości trendów większości miesięcy nie są istotne statystycznie. Trendy spadkowe notuje się w kwietniu, czerwcu, sierpniu i listopadzie, w pozostałych miesiącach trendy są rosnące. Ciekawa sytuacja pojawia się wiosną – marzec i maj są miesiącami o najwyższej wartości trendu rosnącego (ponad 2 mm/10 lat); natomiast oddzielający je kwiecień ma najsilniejszy spośród wszystkich miesięcy trend malejący (2 mm/10 lat).

Bardziej szczegółowych informacji o rocznym przebiegu sum opadów dostarcza analiza przebiegu wartości dobowych i średnich ruchomych 11-dniowych (rys. 34). Okres od początku stycznia aż do połowy kwietnia cechuje się najniższymi w roku wartościami opadów dobowych, ich minimum notuje się na przełomie lutego i marca. Począwszy od trzeciej dekady kwietnia do końca pierwszej dekady czerwca następuje dość szybki wzrost sum opadów. Druga dekada czerwca to charakterystyczny, wyraźny spadek wartości opadów, które powracają do pierwotnego przebiegu na początku lipca. Okresem o przeciętnie najwyższych sumach dobowych

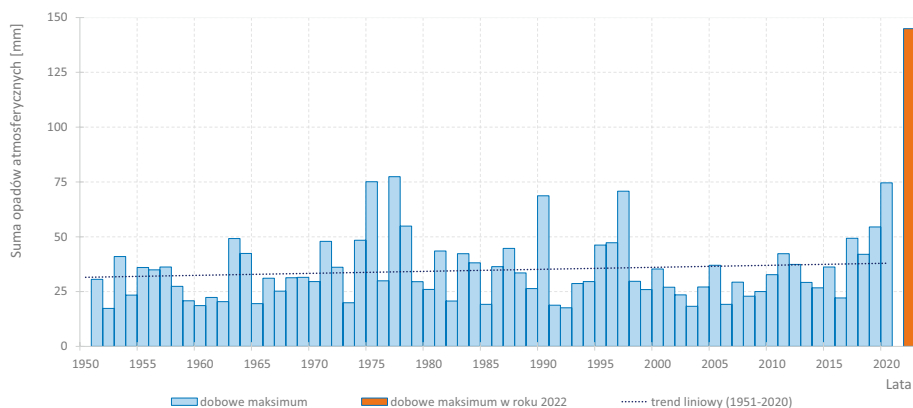
opadów w roku jest przełom drugiej i trzeciej dekady lipca. Koniec lipca to szybki spadek poziomu opadów, od sierpnia do września obserwowane jest wolniejsze i nierównomierne obniżanie się tych wartości. Od października do końca roku widoczne są nieregularne wahania na niższym poziomie.



Rysunek 34. Roczny przebieg średniej dobowej sumy opadów atmosferycznych (mm) w Gorzowie w latach 1951-2020.

Charakterystyczna dla klimatu Polski przewaga opadów miesięcy letnich wynika z wyższej temperatury powietrza latem i związanej z nią wyższą zawartością pary wodnej w powietrzu. Z tymi parametrami łączy się częstsze występowanie opadów pochodzenia konwekcyjnego, burzowego, a nierzadko wydajnych opadów ulew.

Średnie roczne dobowe maksimum sumy opadów wynosi blisko 35 mm i obserwuje się jego słabą tendencję wzrostową w tempie 0,9 mm w ciągu 10 lat, nieistotną statystycznie (rys. 35). Opady bardzo silne (powyżej 30 mm na dobę) mogą zdarzać się od marca do listopada, natomiast dni z opadami wyjątkowo intensywnymi (powyżej 50 mm na dobę) są możliwe od maja do sierpnia (tab. 21).



Rysunek 35. Wieloletni przebieg maksymalnych dobowych sum opadów atmosferycznych (mm) w Gorzowie w latach 1951-2020 i w roku 2022.

Tabela 21. Miesięczne i roczne maksymalne dobowe sumy opadów atmosferycznych (mm) w Gorzowie w latach 1951-2020.

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	ROK
Średnia	9,7	7,9	9,2	11,6	16,8	21,1	20,8	19,2	14,3	11,2	11,1	9,9	34,8
Trend mm/ 10 lat	0,4	0,3	0,3	-0,1	1,5	0,7	0,6	0,0	0,5	0,0	-0,1	0,0	0,9
Maksimum	29,3	23,3	43,5	34,7	70,8	74,6	75,1	77,4	42,3	34,1	31,3	18,3	77,4
Rok	2007	2011	1981	1983	1997	2020	1975	1977	1983	1964	1968	2014	1977

Najwyższą dobową sumę opadów w okresie 1951-2020 zmierzono 8 sierpnia 1977 r. – 77,4 mm; wówczas opady trwały 6,5 godz. Z kolei opad o największym natężeniu w analizowanym 70-leciu zarejestrowano 13 czerwca 2020 r., kiedy to w ciągu niespełna 2,5 godziny spadło 74,6 mm, czyli wartość zbliżona do lipcowej normy miesięcznej, stanowiąca jednocześnie 13,5% średniej rocznej sumy opadów. Maksymalne natężenie opadu sięgnęło wówczas 57 mm w ciągu 1 godziny. W tabeli 22 zamieszczono zestawienie najwyższych dobowych sum opadów wraz z czasem trwania opadu.

Większość z wymienionych w tabeli epizodów opadowych była spowodowana ulewami połączonymi z burzami o charakterze lokalnym (np. 8 sierpnia 1977 r., 14 maja 1997 r., 6 czerwca 2019 r.). Wysokie sumy opadów towarzyszyły również rozległym strefom opadów jednostajnych, w które wbudowane były komórki z opadami konwekcyjnymi. Takie zdarzenia miały miejsce m.in. 8 sierpnia 1978 r. i 9 czerwca 1990 r. Wówczas na ziemi gorzowskiej notowano dobowe sumy opadów przekraczające 100 mm. Absolutny rekord dobowej sumy opadów w Gorzowie padł już poza analizowanym 70-leciem – 8 września 2022 r. (doba opadowa 7 września 2022 r.) zarejestrowano nadzwyczajnie wysoką sumę opadów 144,9 mm. Wartość ta została osiągnięta w niespełna 3,5 godziny. Bezprecedensowa skala tego zdarzenia jest widoczna na rysunku 35, a opis tego epizodu zamieszczono w rozdziale Nadzwyczajne zjawiska pogodowe w powojennym Gorzowie.

Tabela 22. Najwyższe dobowe sumy opadów atmosferycznych (mm) wraz z czasem ich trwania (h) w Gorzowie w latach 1951-2020 i w roku 2022.

Lp.	Dobowa suma opadów [mm]	Data	Czas trwania opadów [h]
1	77,4	08.08.1977	6
2	75,1	20.07.1975	21
3	74,6	13.06.2020	2,4
4	70,8*	14.05.1997	7
5	68,7	09.06.1990	24
6	54,9	08.08.1978	12
7	54,5	06.06.2019	6,4
8	49,3	30.05.2017	4,3
9	49,2	24.05.1963	b.d.
10	48,8	29.08.1997	22
	144,9	07.09.2022	3,2

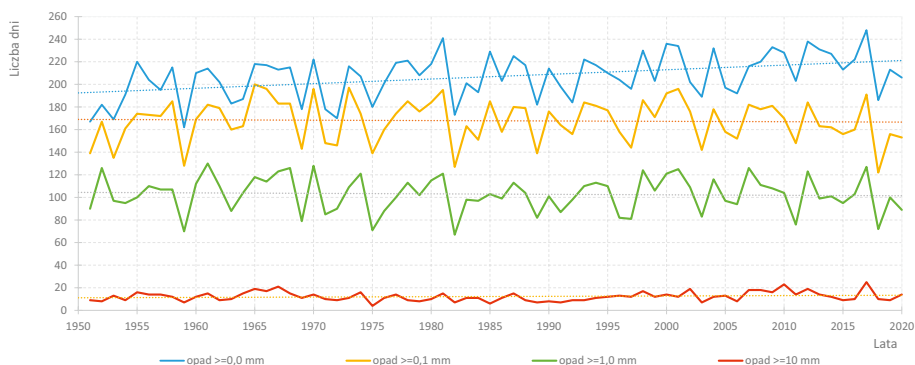
* W ciągu 15 godzin (od godz. 22 dn. 14.05. do godz. 13 dn. 15.05.1997 r.) zanotowano łącznie 89,9 mm opadu.

Liczba dni z opadem

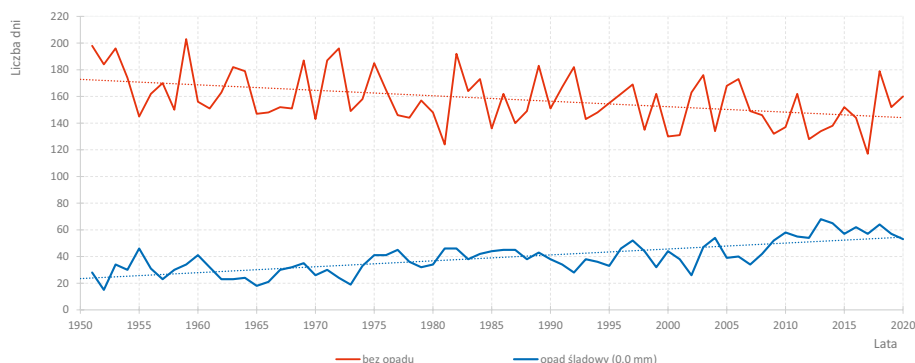
Oprócz sumy opadów istotną charakterystyką stosunków opadowych jest liczba dni z sumą opadów o określonej wysokości. W literaturze klimatologicznej najczęściej rozpatruje się liczbę dni z opadem dobowym $\geq 0,1$, $\geq 1,0$, $\geq 10,0$, $\geq 20,0$ mm. Zaliczają się do nich również dni, w których dobową wysokość opadów pochodzi wyłącznie z mgły, rosy, szronu i szadzi. W Gorzowie notuje się średnio 3-6 dni w roku z opadem pochodzącym z osadu, a ich przyczyną jest najczęściej mgła. Podział dni charakterystycznych uzupełniono o liczbę dni z opadem śladowym (0,0 mm), która jest często pomijana w analizach, choć może obejmować nawet 10% dni w roku.

W przebiegu wieloletnim liczby dni z opadem $\geq 0,1$, $\geq 1,0$ i $\geq 10,0$ mm nie są obserwowane istotne tendencje, tempo zmian nie przekracza $\pm 0,5$ dnia w ciągu 10 lat (rys. 36). Zmiany z roku na rok tych trzech parametrów są ze sobą ściśle skorelowane. Natomiast rosnący trend ujawnia się w wieloletnim przebiegu liczby dni z opadem równym 0,0 mm, jego tempo wynosi 4,4 dnia na dekadę. Wzrastająca liczba dni z opadem śladowym odbywa się kosztem zmniejszenia liczby dni bez opadu (rys. 37). Wzrastająca liczba dni z opadem śladowym wpływa jednocześnie na wzrost liczby dni z jakimkolwiek opadem ($\geq 0,0$ mm), a przyrost tej ostatniej sięga 4,1 dnia/10 lat. Nieuwzględniona na rysunku 36 roczna liczba dni z opadem $\geq 20,0$ mm wykazuje w ostatnim 70-leciu wahania od 0 (wielokrotnie) do 8 dni (2017 r.), a jej trend jest wzrostowy (nieistotny statystycznie) i osiąga tempo 0,2 dnia na dekadę.

W Gorzowie występuje przeciętnie 207 dni w roku z opadem $\geq 0,0$ mm (tab. 23), najczęściej pojawiają się one od listopada do stycznia (19-21 dni w miesiącu), a nieco rzadziej w półroczu ciepłym (po 15-17 dni). Mniejsza cykliczność roczna jest widoczna w przebiegu liczby dni z opadem $\geq 1,0$ mm (103 dni w roku) – od 7 do 10 dni w poszczególnych miesiącach, ze słabo zarysowanymi dwoma maksimumami w lipcu i grudniu. Z kolei średnia roczna liczba dni z opadem $\geq 10,0$ mm sięga 12 dni, z największą częstością występowania w miesiącach letnich (do 2 dni na miesiąc), a najmniejszą zimą i wiosną. Opady dobowe określane jako silne i bardzo silne ($\geq 20,0$ mm) pojawiają się znacznie rzadziej, średnio 2,5 dnia w ciągu roku, a największa szansa ich wystąpienia jest w lipcu (0,7 dnia).



Rysunek 36. Wieloletni przebieg rocznej liczby dni z sumą opadów atmosferycznych $\geq 0,0$ mm, $\geq 0,1$ mm, $\geq 1,0$ mm, $\geq 10,0$ mm w Gorzowie w latach 1951-2020.



Rysunek 37. Wieloletni przebieg rocznej liczby dni bez opadów oraz dni z opadem śladowym (0,0 mm) w Gorzowie w latach 1951-2020.

Tabela 23. Średnie miesięczne i roczne liczby dni z opadem o określonych wysokościach w Gorzowie w latach 1951-2020.

Liczba dni z opadem	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	ROK
=0,0 mm	4,1	3,8	3,5	3,5	3,0	2,8	3,0	3,2	2,7	2,8	3,4	3,2	39,2
≥0,0 mm	20,8	18,2	17,2	15,5	16,0	15,7	16,9	15,7	15,0	16,5	19,0	20,6	207,0
≥0,1 mm	16,7	14,4	13,7	12,0	12,9	12,9	13,9	12,5	12,3	13,6	15,6	17,4	167,8
≥1,0 mm	9,1	7,8	8,1	7,3	8,8	9,1	9,9	8,4	8,0	8,1	8,8	9,7	102,9
≥10,0 mm	0,5	0,3	0,5	0,6	1,3	1,8	2,1	1,7	1,1	1,0	0,7	0,6	12,3
≥20,0 mm	0,1	0,0	0,0	0,1	0,3	0,4	0,7	0,4	0,2	0,1	0,1	0,0	2,5

Liczba dni bez opadu, susze

Nieodłączną charakterystyką warunków opadowych jest liczba dni bez opadów oraz występowanie długich okresów bezopadowych. Susze są groźnym zjawiskiem przynoszącym straty w przyrodzie i działalności człowieka. Przeciętnie przez 158 dni w roku opady w Gorzowie nie występują. W wieloletnim przebiegu zauważa się wyraźną tendencję malejącą, spadek sięga 4 dni w ciągu 10 lat i jest istotny statystycznie (rys. 37).

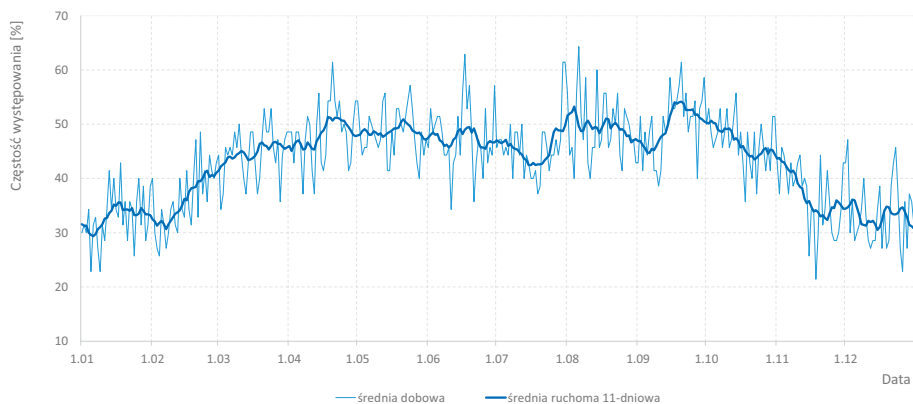
W przebiegu rocznym dni bezopadowe najrzadziej pojawiają się w miesiącach zimowych (średnio ok. 10 dni w miesiącu), a najczęściej (ok. 15 dni) w maju oraz sierpniu i wrześniu (tab. 24). W miesiącach o wyjątkowo częstych opadach zanotowano zaledwie 1 dzień bez opadów (styczeń i luty 2013 r.). Z kolei najwięcej dni bezopadowych wystąpiło w październiku 1951 r. (30 dni bez opadów) oraz lipcu 2006 r. (27 dni). W ostatnim 70-leciu kwiecień i wrzesień cechowały się brakiem wieloletnich zmian w przebiegu liczby dni bez opadów. Pozostałe miesiące odznaczają się słabym trendem spadkowym, najwyraźniej widocznym w styczniu – 0,9 dnia na 10 lat.

Tabela 24. Miesięczne i roczne liczby dni bez opadów w Gorzowie w latach 1951-2020.

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	ROK
Średnia	10,2	10,1	13,8	14,5	15,0	14,3	14,1	15,3	15,0	14,5	11,0	10,4	158,3
Trend dni/10 lat	-0,9	-0,3	-0,7	0,0	-0,1	-0,3	-0,1	-0,1	0,0	-0,7	-0,3	-0,6	-4,1
Minimum	1	1	5	4	7	6	4	7	3	5	3	2	117
Rok	2013	2013	1994 2000	1977	1962 1996	1971	1954	×3	1978	1974 2020	2010	×3	2017
Maksimum	24	23	26	24	23	25	27	26	24	30	22	25	203
Rok	1996	1972 1982	1974	2007 2009	×3	1992	2006	1997	×4	1951	2011	1972	1959

Bardziej precyzyjną odpowiedź na pytanie o roczny przebieg dni bez opadów otrzymamy z wykresu z rozdzielczością dobową, wygładzoną średnią 11-dniową (rys. 38). Znajomość okresów, w których częściej występują okresy posuszne ma duże znaczenie m.in. w rolnictwie, leśnictwie, gospodarce wodnej. Najrzadziej dni bezopadowe występują od połowy listopada do połowy lutego. W pozostałej części roku częstość dni bez opadów utrzymuje się na poziomie powyżej 40%. Zarysowują się charakterystyczne okresy o podwyższonej wartości tego wskaźnika – na przełomie drugiej i trzeciej dekady kwietnia, w połowie maja, w pierwszej dekadzie sierpnia i w drugiej połowie września – wskazujące na zwiększone prawdopodobieństwo wystąpienia suszy. Statystycznie ujmując, największa szansa na dzień bezopadowy w Gorzowie występuje 6 sierpnia, a najmniejsza 18 listopada, z zastrzeżeniem, że informacje te mają charakter artefaktów.

Szczególnie niekorzystnym zjawiskiem jest występowanie dni bez opadów w długich ciągach. W ostatnim 70-leciu najdłuższy okres, w czasie którego nie zanotowano żadnego opadu, miał miejsce w 1951 r. i trwał 24 dni. Rozszerzając analizę o całą powojenną historię pomiarów w Gorzowie należy wspomnieć, że najdłuższy ciąg bezopadowy trwał 31 dni (16.09-16.10.1949 r.) Kilkakrotnie zdarzały się ponad 20-dniowe okresy bez jakiegokolwiek opadu, z reguły występują one w cieplej połowie roku (tab. 25).



Rysunek 38. Roczny przebieg średniej dobowej częstości występowania liczby dni bez opadów w Gorzowie w latach 1951-2020.

Tabela 25. Najdłuższe okresy bezopadowe i wybrane okresy o znikomych sumach opadów w Gorzowie w latach 1951-2020.

Okresy bezopadowe			
Lp.	Początek	Koniec	Liczba dni
1	29.09.1951	22.10.1951	24
2	07.08.1997	28.08.1997	22
3	13.06.2010	04.07.2010	22
4	26.04.2000	16.05.2000	21
5	12.08.1984	31.08.1984	20
6	17.07.1982	04.08.1982	19
7	14.08.1983	01.09.1983	19

Wybrane okresy o znikomej sumie opadów				
Lp.	Początek	Koniec	Liczba dni	Suma opadów
1	14.08.1959	19.10.1959	67	6,0
2	14.03.1963	14.04.1963	32	1,1
3	29.06.1969	05.08.1969	38	1,8
4	07.02.2003	06.03.2003	28	0,4
5	24.03.2007	06.05.2007	44	0,8
6	28.10.2011	24.11.2011	28	0,4*
7	14.03.2020	27.04.2020	45	2,0

* Opad 0,4 mm pochodził z osadu mgły.

Z badań nad suszą w rejonie Gorzowa w latach 1965-2004, autorstwa Kalbarczyk i Kalbarczyka [2006], wynika, że największy niedobór opadów w stosunku do normy najczęściej występował w lipcu. Natomiast analiza warunków hydrotermicznych wg Sielianinowa wskazuje, że susze najczęściej zdarzają się w sierpniu i wrześniu.

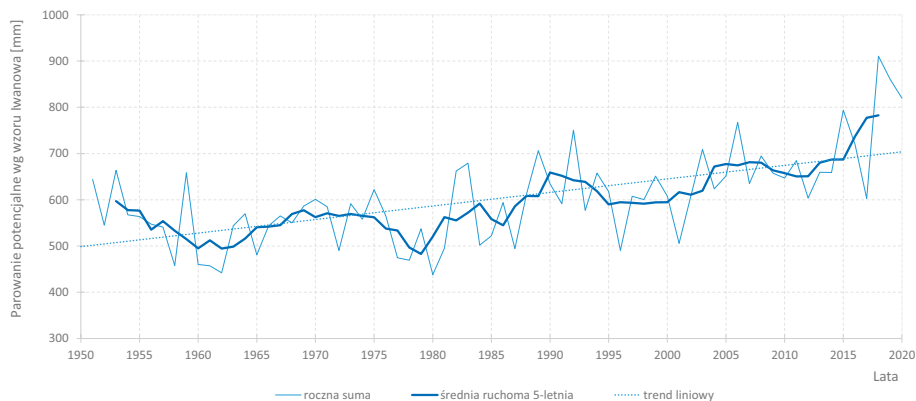
Parowanie, klimatyczny bilans wodny

Istotnym wskaźnikiem występowania nadwyżek lub niedoborów wilgoci w danym miejscu jest klimatyczny bilans wodny. Definiowany jest on jako różnica między sumą opadów w danym okresie a sumą parowania potencjalnego [Słownik Meteorologiczny 2003]. W Gorzowie pomiary parowania były prowadzone w latach 1961-1999 za pomocą ewaporometru Piche'a umieszczonego w klatce meteorologicznej. Ze względu na liczne przerwy w pomiarach oraz dane pochodzące tylko z ciepłej pory roku, serii tej nie wykorzystano do analizy. Na obszarze Polski dobre przybliżenie miesięcznej wielkości parowania potencjalnego można uzyskać ze wzoru Iwanowa [Farat i in. 1995; Kędziora 1999]. Formuła ta pozwala oszacować miesięczną sumę parowania z wolnej powierzchni wodnej na podstawie średniej miesięcznej temperatury i wilgotności względnej powietrza. Uzyskane w ten sposób informacje o parowaniu w Gorzowie są zbliżone do wyników szczegółowych badań nad parowaniem rzeczywistym w okresie 1961-1994 opublikowanych przez Koźmińskiego i Michalską [2000] na stacji agrometeorologicznej w Lipkach koło Stargardu (70 km na NNW od Gorzowa).

Średnia roczna suma parowania potencjalnego w Gorzowie obliczona wg wzoru Iwanowa w ostatnim 70-leciu osiągnęła wartość 603 mm. Analiza wieloletniego przebiegu parowania potencjalnego w Gorzowie wskazuje na obecność istotnego statystycznie trendu wzrostowego osiągającego tempo 29 mm w ciągu 10 lat (rys. 39). Przez pierwsze 30 lat wartości parowania podlegały nieznacznym wahaniom, a od lat 80. zaznaczył się wzrost tego wskaźnika, z wyraźnym przyspieszeniem w ostatniej dekadzie. Przyczyną tego jest m.in. wzrost średniej rocznej temperatury powietrza oraz spadek wilgotności względnej powietrza, które istotnie wpływają na parowanie.

Roczny przebieg średnich miesięcznych wartości parowania potencjalnego nawiązuje do rozkładu temperatury powietrza i jest odwrotnie proporcjonalny do przebiegu wilgotności względnej. Z tego względu największe sumy parowania występują w cieplej porze roku z maksimum w lipcu (97 mm) i czerwcu (94 mm), natomiast najmniejsze sumy parowania (12-13 mm) notowane są w grudniu i styczniu (tab. 26). Z kolei w prze-

biegu wieloletnim najsilniejszą tendencję wzrostową parowania obserwuje się w miesiącach letnich (6-7 mm w ciągu 10 lat w lipcu i sierpniu). W miesiącach chłodnej części roku trend parowania jest zbliżony do zera, a w listopadzie nawet nieznacznie ujemny.

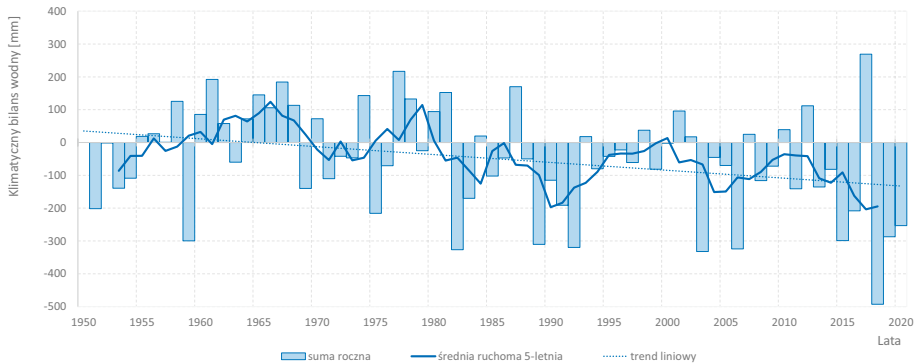


Rysunek 39. Wieloletni przebieg rocznych sum parowania potencjalnego wg wzoru Iwanowa (mm) w Gorzowie w latach 1951-2020.

Tabela 26. Miesięczne i roczne sumy parowania potencjalnego wg wzoru Iwanowa (mm) w Gorzowie w latach 1951-2020.

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	ROK
Średnia	13	17	32	59	81	94	97	91	58	31	16	12	603
Trend mm/10 lat	0,1	1,3	1,5	4,5	3,6	2,9	5,8	6,7	2,2	0,8	-0,2	0,2	29,3
Minimum	5	8	18	28	40	57	50	49	27	15	7	5	438
Rok	1963	1963	1970	1956	1961	2001	1954	1960	2001	1976	1959	1963	1980
Maksimum	27	35	53	106	134	165	203	176	108	63	28	21	911
Rok	2007	1990	2020	2019	2018	2019	2006	2015	2016	2018	1969	2015	2018

W Gorzowie w latach 1951-2020 średnia suma opadów wyniosła 553 mm, co przy średnim rocznym parowaniu potencjalnym wyliczonym na 603 mm oznacza, że klimatyczny bilans wodny był ujemny i osiągnął -50 mm. To jedna z większych wartości deficytu opadów w Polsce. Zbliżone wyniki średniego klimatycznego bilansu wodnego otrzymała Wibig [2017]. Badania autorki, oparte na danych z lat 1971-2010, dowodzą, że przewaga parowania potencjalnego nad opadami w ciepłej porze roku (od kwietnia do września) wynosi w Gorzowie 246 mm. Największy deficyt opadów notuje się w sierpniu – w Gorzowie osiąga on 82 mm i jest to najwyższa wartość w Polsce. W wieloletniu 1951-2020 przeważały lata o ujemnym bilansie (42 razy), z widocznym wzrostem ich częstości od połowy lat 80. (rys. 40). Dodatni klimatyczny bilans wodny przeważał jedynie w latach 60. oraz na przełomie lat 70. i 80. Szczególnie niskie wartości bilansu wodnego pojawiły się w latach 1989-1992, 2003-2006, 2013-2016 i 2018-2020. Rokiem o największym deficycie wodnym był 2018 r. (blisko -500 mm). Co ciekawe rok wcześniej zanotowano największą w 70-leciu nadwyżkę opadów nad parowaniem (+269 mm), do czego przyczyniła się rekordowa roczna suma opadów – 872 mm.



Rysunek 40. Wieloletni przebieg rocznego klimatycznego bilansu wodnego (mm) w Gorzowie w latach 1951-2020.

Przyczyną pogłębiającego się deficytu w klimatycznym bilansie wodnym w ostatnim trzydziestoleciu jest wzrost średniej temperatury powietrza oraz nieznaczny spadek wilgotności względnej powietrza. Oba wymienione czynniki wpływają na wzrost intensywności parowania, którego nie rekompensuje niewielki wzrost sum opadów. Malejące wartości klimatycznego bilansu wodnego skutkują spadkiem poziomu wód m.in. w bezodpływowych zbiornikach na terenie miasta oraz na większości okolicznych jezior.

Zróżnicowanie przestrzenne

Do rozpoznania zmienności przestrzennej opadów na terenie miasta nie wystarczy roczna czy nawet kilkulatnia seria porównawcza, jak w przypadku wcześniej opisanych parametrów meteorologicznych. W przypadku opadów atmosferycznych mamy do czynienia z dużym pierwiastkiem przypadkowości zarówno w aspekcie przestrzennym, jak i czasowym. Dotyczy to zwłaszcza opadów ulewnych. Dlatego potrzeba dłuższego okresu pomiarowego, aby móc stwierdzić prawidłowości w rozkładzie pola opadów. Na podstawie 40-letniego okresu pomiarowego (1891-1930) mapę sum opadów na obszarze byłego województwa zielonogórskiego opublikowali Prawdzic i Koźmiński [1972]. Dzięki temu materiałowi można w przybliżeniu określić, że największą sumę opadów otrzymują północne rubieże miasta (powyżej 575 mm), a najmniejszą – środkowa część wzdłuż koryta Warty (525 mm i mniej). Wzdłuż krawędzi rozdzielającej pradolinę i wysoczyznę przebiegają blisko siebie dwie izohiety 550 i 525 mm. Na teren lewobrzeżnej części miasta wdziera się klinem izolonia 525 mm, na południe od której suma opadów rośnie w kierunku Pojezierza Lubuskiego [Prawdzic, Koźmiński 1972].

Na podstawie danych powojennych z różnych okresów analizę rozkładu przestrzennego sum opadów w regionie prowadzili m.in. Kern [1969], Prawdzic [1970] oraz Prawdzic i Koźmiński [1972]. Autorzy wyciągają zgodne wnioski o mniejszych opadach w osi doliny Warty i większych opadach na Równinie Gorzowskiej. Założenie to potwierdzają średnie sumy opadów w okresie 1951-1960 w obrębie samego Gorzowa opublikowane przez Prawdzica [1970]: stacja IUNG (dno doliny) – 510 mm, stacja PIHM (krawędź wysoczyzny) – 518 mm. To wyraźna różnica zważywszy, że oba punkty były oddalone od siebie o zaledwie ok. 600 m.

Pozostaje pytanie, czy wykazane prawidłowości oparte na danych sprzed ponad półwiecza i starszych znajdują potwierdzenie w czasach bliższych współczesności. Do zweryfikowania tego założenia wykorzystano dane

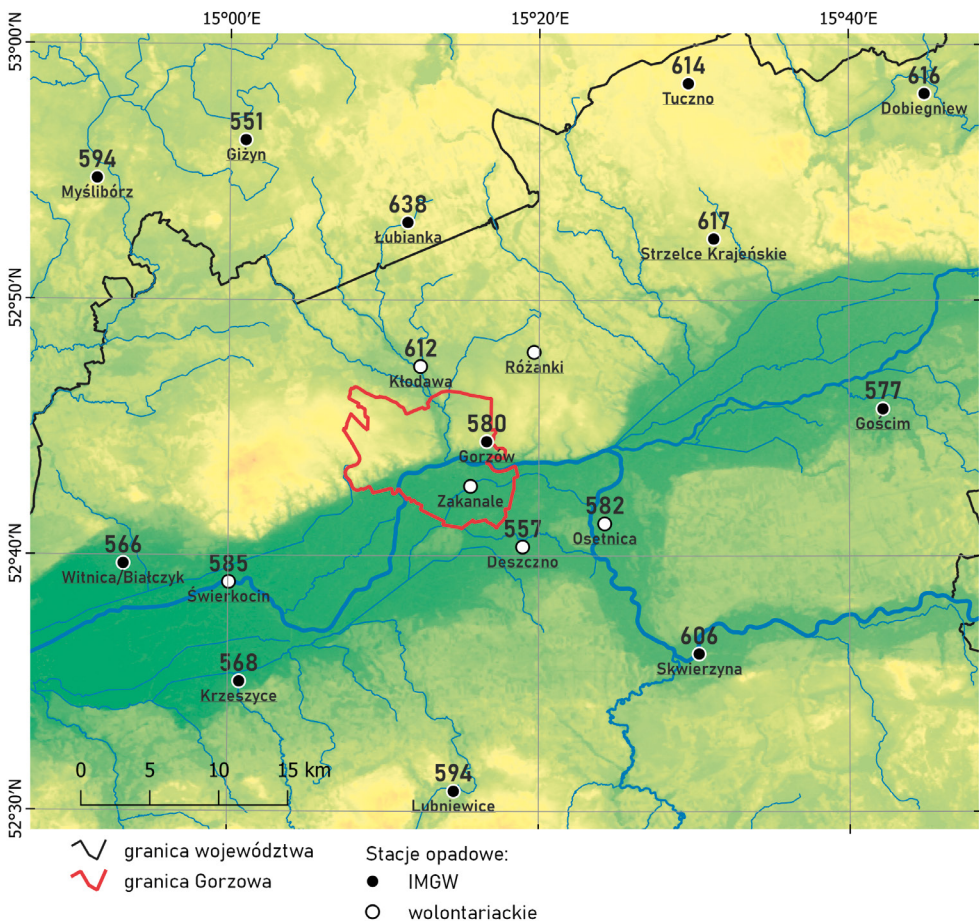
z okolicznych stacji opadowych IMGW-PIB z lat 1981-2020. W tym okresie średnia roczna suma opadów w Gorzowie wyniosła 551 mm. Zbliżone wartości zmierzono na stacjach pradolinie – Krzeszyce 550 mm i Gościm 547 mm. Wyższe wartości notowane były na obszarze Pojezierzy Południowobałtyckich (Łubianka 601 mm, Strzelce Krajeńskie 589 mm, Myślibórz 563 mm) oraz na Pojezierzu Lubuskim (Lubniewice 593 mm). Najmniej zasobnym w opady jest rejon ujścia Warty do Odry (Kostrzyn 534 mm). Pewne zaburzenie tego rozkładu wystąpiło na zachód od Gorzowa. Na położonej w dolinie Warty stacji Witnica/Białczyk odnotowano wyraźnie wyższe opady (587 mm) niż na sąsiednich stacjach dolinnych, a na pojeziernej stacji Giżyn opady (548 mm) były niższe niż w okolicy. Podsumowując, poza niewielkimi różnicami, rozkład rocznej sumy opadów w regionie gorzowskim w ostatnim 40-leciu nawiązuje do układu form terenu: mniejsze wartości w pradolinie, wyższe na pojezierzach.

W roku 2009, z inicjatywy ówczesnego kierownika stacji IMGW-PIB w Gorzowie śp. Ryszarda Popiela, zaczęto tworzyć lokalną sieć posterunków opadowych działających poza oficjalną siecią IMGW-PIB. Głównym jej celem było poznanie przestrzennej zmienności opadów w rejonie Gorzowa, ze szczególnym naciskiem na opady ulewne, burzowe. Dzięki zaangażowaniu pracowników i przyjaciół stacji w różnych okresach funkcjonowało łącznie sześć punktów pomiarowych w promieniu do 22 km od stacji IMGW w Gorzowie. Na posterunkach wyposażonych w deszczomierz Hellmanna wykonywano jedynie pomiary dobowej sumy opadów. Dzięki wytrwałej i sumiennej pracy obserwatorów-wolontariuszy udało się pozyskać 10-letnie serie pomiarowe (2011-2020) dobowej sumy opadów z czterech punktów pomiarowych: Świerkocin, Deszczno, Osetnica i Kłodawa. W tym miejscu słowa podziękowania za dobrowolne prowadzenie wieloletnich obserwacji opadowych należą się: Pani Marii Olczak ze Świerkocina, Panu Alfredowi Sobieszczukowi z Deszczna, Państwu Krystynie i Januszowi Kaliszanom z Osetnicy i Pani Zofii Soroce z Kłodawy. Pomocniczo wykorzystano również wyniki spostrzeżeń z krótszego okresu w Różankach i na gorzowskim Zakanalu. Pomiary w Świerkocinie zostały zakończone w połowie listopada 2020 r. Dane z dwóch ostatnich miesięcy uzupełniono na podstawie danych z dwóch sąsiednich stacji opadowych IMGW-PIB: Białczyk (6 km w kier. W) i Krzeszyce (7 km w kier. S) oraz z reanaliz miesięcznych sum opadów RainGRS Clim. Ten ostatni produkt jest opracowywany w Zakładzie Nowcastingu IMGW-PIB, a sumy opadów są szacowane na podstawie danych z naziemnej sieci stacji IMGW-PIB (zarówno ze stacji automatycznych, jak i tych wyposażonych w deszczomierze Hellmanna), danych radarowych oraz satelitarnych [Jurczyk i in. 2023].

Dane z rejonu Gorzowa z wielolecia 2011-2020 wskazują, że najwyższe sumy opadów występują w położonej u północnych granic Gorzowa Kłodawie, gdzie rocznie notuje się 612 mm. W leżącej 11 km na północ od Kłodawy Łubiance (stacja opadowa IMGW-PIB) średnia suma w tym okresie osiąga już 638 mm. Najbardziej ubogie w opady jest położone w pradolinie Deszczno z roczną sumą 557 mm. Zatem nazwa tej podgorzowskiej miejscowości nie nawiązuje do uprzywilejowania w opady. W położonym w pobliżu koryta Warty Świerkocinie i Osetnicy, jak i w leżącej na krawędzi wysoczyzny stacji IMGW-PIB w Gorzowie występują opady o zbliżonej sumie rocznej 580-585 mm (rys. 41).

W ostatnim 10-leciu najbardziej zasobnym w opady był rok 2017, roczne sumy wahały się wówczas od 772 mm w nadwarciańskim Świerkocinie do ponad 900 mm w znajdujących się na wysoczyźnie Różankach (919 mm) i Kłodawie (922 mm). Najmniej opadów zarejestrowano w 2018 r., wówczas roczne sumy zawierały się od zaledwie 332 mm w Deszcznie do 439 mm w Kłodawie i Różankach. Z kolei najwyższą dobową sumę opadów zarejestrowano w Kłodawie podczas ulewy z burzą 6 czerwca 2019 r. – 95 mm (tab. 27).

Powyższa analiza czterech serii opadowych (1891-1930, 1951-1960, 1981-2020 i 2011-2020) w regionie wskazuje jednoznacznie, że na obszarze Gorzowa mamy do czynienia z wyższymi opadami w części prawobrzeżnej, wysoczyznowej, z rosnącymi wartościami ku północy. Z kolei lewobrzeżna, dolinna część miasta cechuje się mniejszymi sumami opadów. Ten uśredniony wieloletnimi pomiarami obraz jest często zakłócany, głównie podczas małoobszarowych, ale ulewnych opadów w ciepłej porze roku. Rozkład sumy opadów na obszarze miasta z pojedynczej burzy może być bardzo zróżnicowany, co obrazują epizody ulew w XXI w. opisane w rozdziale Nadzwyczajne zjawiska pogodowe w powojennym Gorzowie. W praktyce może oznaczać to, że jedna część miasta pozostaje sucha, podczas gdy w innej dochodzi do tzw. powodzi błyskawicznych. To ostatnie zjawisko zostało uznane za jedno z najpoważniejszych zagrożeń klimatycznych Gorzowa [Plan adaptacji do zmian klimatu... 2019].



Rysunek 41. Średnia roczna suma opadów atmosferycznych (mm) w rejonie Gorzowa w latach 2011-2020.

**Tabela 27. Roczne i maksymalne dobowe sumy opadów atmosferycznych (mm)
w rejonie Gorzowa w latach 2011-2020.**

Stacja	Gorzów IMGW	Kłodawa	Deszczno	Osetnica	Świerkocin	Różanki (2016-2019)	Zakanale (2011-2013)
Rok							
Roczna suma opadów							
2011	544	624	577	596	587	-	540
2012	715	740	696	669	701	-	715
2013	524	584	541	555	634	-	536
2014	577	622	564	666	649	-	-
2015	495	499	472	470	506	-	-
2016	511	540	548	632	545	532	-
2017	872	922	817	850	772	919	-
2018	418	439	332	351	439	438	-
2019	573	658	540	522	557	575	-
2020	567	493	484	505	461	-	-
Średnia	580	612	557	582	585	-	-
Maksymalna dobowo suma opadów							
Suma	74,6	95,1	57,8	69,2	51,8	(55,0)	(49,6)
Data	13.06.2020	06.06.2019	22.07.2011	07.06.2011	22.07.2011	06.06.2017	22.07.2011

Pokrywa śnieżna

Pokrywa śnieżna uznawana jest za kompleksowy wskaźnik warunków meteorologicznych. Jej pojawienie się i długość zalegania jest zależna bowiem od wielu czynników pogodowych, m.in.: temperatury powietrza, temperatury powierzchni gruntu, opadów w postaci stałej, wilgotności powietrza, prędkości wiatru, promieniowania słonecznego. Obecność śniegu na gruncie powoduje szereg skutków, m.in. w transporcie, rolnictwie. Gruba pokrywa śnieżna jest rezerwuarem znacznej ilości wody, co przy nagłych odwilżach może stwarzać zagrożenie powodziowe. Z tych przyczyn wzmianki o dużych opadach śniegu w Gorzowie pojawiały już kronikach miejskich z XVI w. Regularne obserwacje tego elementu meteorologicznego zostały zapoczątkowane w mieście ok. roku 1880.

W badaniach klimatologicznych za dzień z pokrywą śnieżną powszechnie przyjmuje się dzień, w którym w porannym terminie obserwacyjnych (godz. 7:00 w czasie zimowym) zalegający na gruncie śnieg o grubości minimum 1 cm pokrywał co najmniej połowę powierzchni terenu na stacji i w jej najbliższym otoczeniu. Do badań wykorzystano codzienne dane o grubości pokrywy śnieżnej w kolejnych sezonach zimowych 1950/51-2020/21 rozpatrywanych od października do kwietnia. Przez całe analizowane 71-letnie do pomiaru grubości zalegającego śniegu wykorzystywano prosty przyrząd – śniegowskaz przenośny, którym obserwator mierzył miąższość pokrywy w co najmniej trzech miejscach ogródka meteorologicznego lub jego najbliższego otoczenia. Baza danych grubości pokrywy śnieżnej była kompletna, w 18 przypadkach (0,12% całej serii), głównie na początku okresu, dokonano korekty danych w oparciu o miesięczne wykazy spostrzeżeń meteorologicznych.

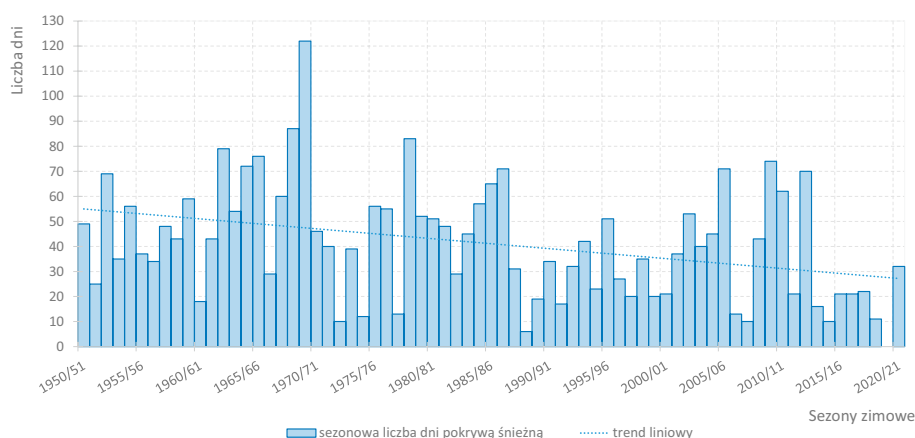
Liczba dni z pokrywą śnieżną

Średnia sezonowa liczba dni z pokrywą śnieżną wynosi 41 dni. To jedna z najmniejszych wartości w Polsce. Jej zróżnicowanie z roku na rok jest bardzo duże – od wybitnie śnieżnej zimy 1969/70 (122 dni) do wyjątkowej,

bo całkowicie bezśnieżnej zimy 2019/20. W badanym 71-leciu zaznacza się wyraźny trend spadkowy istotny statystycznie, sięgający 4 dni na dekadę (rys. 42). Bezpośrednią przyczyną coraz rzadszego zalegania śniegu na gruncie są coraz cieplejsze zimy, a w szczególności zmniejszająca się liczba dni mroźnych.

Bardzo śnieżne zimy (powyżej 65 dni na sezon) zdarzały się najczęściej w latach 60., później pojawiały się sporadycznie. Warto odnotować, że takie zimy zdarzały się również w dwóch pierwszych dekadach XXI w. (2005/06, 2009/10, 2012/13). Sezony zimowe ubogie w pokrywą śnieżną (poniżej 15 dni na sezon) pojawiały się częściej w latach 70. oraz w ostatnim 15-leciu.

Przeciętnie najwięcej dni z pokrywą śnieżną występuje w miesiącach najchłodniejszych: w styczniu (15 dni) i lutym (11 dni). Sporadycznie (poniżej 2 dni) śnieg na gruncie jest obserwowany w październiku, listopadzie i kwietniu (tab. 28). W ostatnim 71-leciu odnotowano łącznie 12 miesięcy, w trakcie których pokrywa zalegała przez wszystkie dni, przeważnie w latach 60. i 70. Na uwagę zasługują bardzo śnieżny listopad 1965 i 1985 r. (13 dni), a także wiosenne miesiące roku 1970: marzec (25 dni) i kwiecień (4 dni).

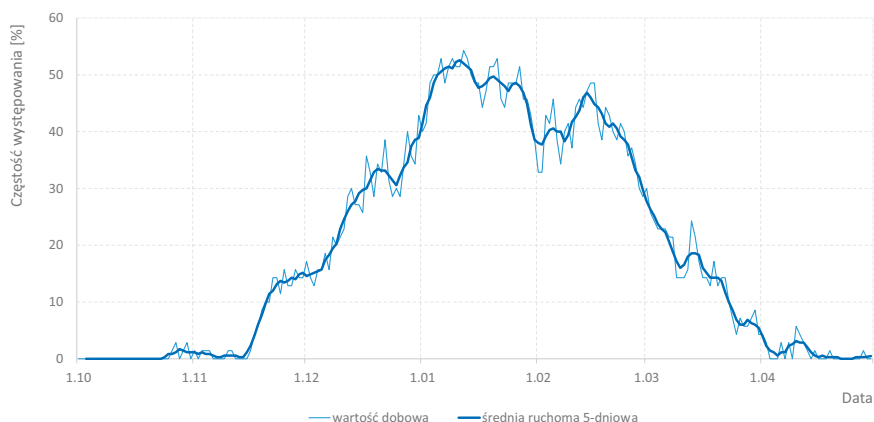


Rysunek 42. Wieloletni przebieg liczby dni z pokrywą śnieżną w Gorzowie w sezonach zimowych 1950/51-2020/21.

Tabela 28. Miesięczne i roczne liczby dni z pokrywą śnieżną w Gorzowie w sezonach zimowych 1950/51-2020/21.

	X	XI	XII	I	II	III	IV	ROK
Średnia 1950/51-2020/21	0,1	1,7	8,3	14,8	11,2	4,7	0,3	41,1
Średnia 1950/51-1979/80	0,1	1,7	10,5	17,5	13,0	6,7	0,5	50,0
Średnia 1970/71-1999/00	0,1	2,3	8,3	13,4	9,4	3,9	0,3	37,6
Średnia 1990/91-2020/21	0,1	1,2	6,0	12,0	9,5	3,0	0,2	32,1
Średnia 2010/11-2020/21	0	0,5	4,9	11,5	6,5	2,5	0,2	26,0
Trend °C/10 lat	0,0	-0,1	-1,0	-1,0	-1,1	-0,7	-0,1	-4,0
Minimum	0	0	0	0	0	0	0	0
Rok	× 68	× 43	× 14	× 4	× 5	× 22	× 57	2019/20
Maksimum	3	13	31	31	28	25	4	122
Rok	1997	1965 1985	1969 2010	× 6	× 4	1970	1970	1969/70

Wzorem wcześniej omówionych elementów klimatu, także w przypadku pokrywy śnieżnej precyzyjniejszych informacji o przebiegu rocznym dostarczają dane z rozdzielczością dobową. Z jednej strony 71-letnia seria pomiarowa jest na tyle długa, aby zarysowały się lokalne osobliwości w przebiegu warunków śniegowych regionu; z drugiej zaś strony pokrywa śnieżna jest elementem podlegającym ogromnym zmianom z roku na rok – znajduje to odzwierciedlenie w dużych wahaniami średnich wartości wieloletnich z dnia na dzień. Pojedyncze przypadki pokrywy śnieżnej były obserwowane już w trzeciej dekadzie października, a początek wyraźnego wzrostu częstotliwości zaznacza się w połowie listopada. Tendencja wzrostowa częstotliwości występowania pokrywy śnieżnej trwa w Gorzowie do pierwszej dekady stycznia, z przejściowym obniżeniem w okolicy Świąt Bożego Narodzenia. Roczne maksimum, przekładające się na największe szanse na „biały krajobraz”, pojawia się w pierwszej i drugiej dekadzie stycznia, statystycznie przypada na dzień 12 stycznia. Od połowy stycznia zarysowuje się spadek częstotliwości pokrywy śnieżnej, trwający do początku lutego; w pierwszej dekadzie lutego następuje stabilizacja, po czym krzywa ponownie pnie się w górę, osiągając w połowie lutego drugorzędne maksimum roczne. Od tego momentu śnieg na gruncie zdarza się coraz rzadziej, przejściowe zatrzymanie spadku zachodzi w połowie marca, a w kwietniu śnieg na gruncie jest zjawiskiem sporadycznym (rys. 43).



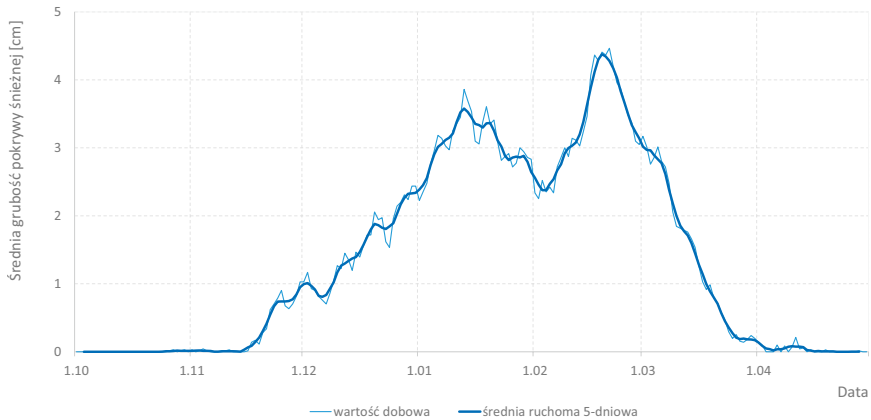
Rysunek 43. Sezonowy przebieg dobowej częstotliwości występowania pokrywy śnieżnej (%) w Gorzowie w sezonach zimowych 1950/51-2020/21.

Grubość pokrywy śnieżnej

Oprócz omówionych wcześniej liczby dni z pokrywą śnieżną, istotną informacją o warunkach śniegowych jest grubość pokrywy śnieżnej. Przeciętna miąższość śniegu na gruncie (obliczona spośród wszystkich dni z pokrywą śnieżną) wynosi 4 cm, a zakres jej wahań zmieniał się od 0 cm (2019/20) i 1 cm (1960/61, 1972/73, 1988/89) do 16 cm (1969/70, 1978/79). Średnia sezonowa grubość pokrywy śnieżnej wykazuje słabą, nieistotną statystycznie, tendencję spadkową osiągającą tempo $-0,2$ cm/dekadę. Najwyższa średnia miesięczna wartość tego parametru występuje w lutym (6 cm), a następnie w grudniu, styczniu i marcu (po 4-5 cm).

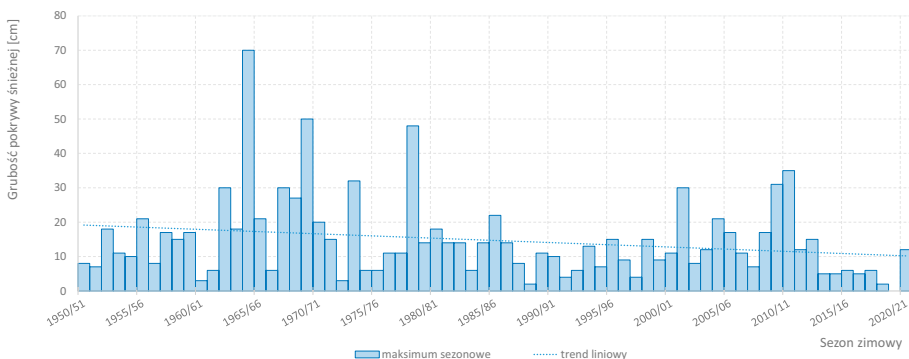
Sezonowy przebieg z rozdzielczością dobową wskazuje, że średnia grubość pokrywy śnieżnej osiąga najwyższe wartości od początku stycznia do początku marca, z kulminacją na przełomie drugiej i trzeciej dekady lutego i drugorzędnym maksimum w połowie stycznia (rys. 44). Maksima te są czasowo zbieżne z kulminacjami częstotliwości występowania pokrywy śnieżnej (rys. 43). Znamienny jest fakt, że największa szansa na wystąpienie

nie pokrywy śnieżnej występuje w styczniu, mimo że przeciętnie największa grubość warstwy śniegu przypada na drugą połowę lutego. Na obu wymienionych rycinach zgodnie zarysowuje się przejściowe obniżenie zarówno częstości występowania pokrywy śnieżnej, jak i jej grubości na przełomie stycznia i lutego.



Rysunek 44. Sezonowy przebieg średniej dobowej grubości pokrywy śnieżnej (cm) w Gorzowie w sezonach zimowych 1950/51-2020/21.

Średnia wieloletnia z sezonowych maksimów grubości pokrywy śnieżnej osiągnęła 15 cm. Największa zanotowana w powojennej historii pomiarów grubość wyniosła 70 cm i odnotowano ją 5 marca 1965 r. – tego dnia była to największa wartość spośród wszystkich nizinnych stacji synoptycznych w Polsce. Wyjątkowo wysokie wartości zmierzono również zimą 1969/70 (50 cm – 6-8 marca 1970 r.) i 1978/79 (48 cm – 19 lutego 1979 r.). Wieloletni przebieg zimowych maksimów pokrywy śnieżnej wykazuje nieistotny statystycznie spadek w tempie 1,3 cm na 10 lat (rys. 45). Zwraca uwagę fakt bardzo dużej zmienności tego parametru. Warto wspomnieć, że w badaniach Falarz i Bednorz [2021] rejon Gorzowa w latach 1950/51-2017/18 odznaczał się najwyższym współczynnikiem zmienności maksymalnej sezonowej grubości pokrywy śnieżnej w Polsce.



Rysunek 45. Wieloletni przebieg maksymalnych sezonowych grubości pokrywy śnieżnej (cm) w Gorzowie w sezonach zimowych 1950/51-2020/21.

Pokrywa śnieżna o grubości 30 cm i więcej, zwłaszcza jeśli szybko przyrasta, jest zjawiskiem powodującym olbrzymie zakłócenia w warunkach Polski nizinnej. Śnieg o takiej grubości wystąpił w dziewięciu sezonach zimowych (w przybliżeniu raz na 8 lat), łącznie przez 74 dni. Co najmniej 30-centymetrowa warstwa śniegu najczęściej zdarzała się w marcu (42% przypadków), następnie w lutym (39%), grudniu (16%); zaledwie 3% przypadków zachodzi w styczniu. W innym ujęciu, 76% takich dni zdarzyło się od połowy lutego do połowy marca. Fakt ten nieco podważa powszechne postrzeganie marca jako miesiąca wiosennego.

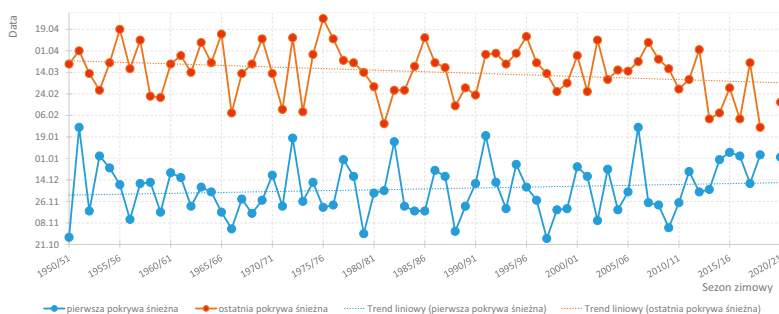
Uzupełniającą informacją charakteryzującą pokrywę śnieżną jest dobową grubość śniegu świeżo spadłego. Dzielne przyrosty warstwy śniegu ponad 10 cm powodują poważne trudności w funkcjonowaniu transportu drogowego. Największy dobowy przyrost odnotowano dwukrotnie w czasie zimy 1964/65 (27 lutego i 5 marca 1965 r.) i wyniósł on 20 cm. Również imponujące jak na warunki Polski nizinnej grubości śniegu świeżo spadłego zanotowano: 4 marca 1965 r. i 20 lutego 1986 r. (16 cm) oraz 1 marca 1971 i 25 grudnia 2001 r. (14 cm).

Okres zalegania pokrywy śnieżnej

Przeciętnie pierwsza w sezonie pokrywa śnieżna w Gorzowie pojawia się 6 grudnia. Najwcześniej w ostatnim 71-leciu śnieg na gruncie zaobserwowano w roku 1997, bo już 26 października. W dziesięciu sezonach zimowych pierwsza pokrywa śnieżna została zanotowana dopiero w styczniu, najpóźniej 27 stycznia (1951/52 i 2006/07). W ujęciu wieloletnim zarysowuje się coraz późniejsze występowanie pierwszego śniegu na gruncie w sezonie (rys. 46), trend osiąga 1,2 dnia na dekadę.

Ostatnia pokrywa śnieżna w sezonie zimowym jest obserwowana przeciętnie 14 marca. Wyjątkowo późno, bo dopiero 28 kwietnia, śnieg zanikł w sezonie 1975/76. Wieloletni przebieg tych dat wskazuje na coraz wcześniejsze znikanie pokrywy śnieżnej w Gorzowie (-2,4 dnia na dekadę). Tu warto jeszcze raz wspomnieć o wyjątkowym sezonie zimowym 2019/20, kiedy śniegu na gruncie nie zaobserwowano w ogóle.

Przy okazji rozważań dat pierwszej i ostatniej pokrywy śnieżnej należy uzupełnić informacje o uciążliwych dla mieszkańców epizodach nieprzerwanego i długotrwałego zalegania śniegu na gruncie. W ostatnich siedemdziesięciu jeden sezonach zimowych najdłużej ciągła pokrywa śnieżna występowała w kilkakrotnie przywoływanej tu zimie 1969/70, wówczas „biały krajobraz” trwał przez 113 dni (od 30 listopada 1969 r. do 22 marca 1970 r.). Ponad dwumiesięczne epizody ciągłej pokrywy śnieżnej występowały jeszcze zimą 1962/63 (70 dni – od 28 grudnia 1962 do 7 marca 1963 r.) oraz 1978/79 (69 dni – od 30 grudnia 1978 r. do 8 marca 1979 r.) (tab. 29).



Rysunek 46. Wieloletni przebieg daty pierwszej i ostatniej pokrywy śnieżnej w Gorzowie w sezonach zimowych 1950/51-2020/21.

Tabela 29. Sezony zimowe z największą liczbą dni z pokrywą śnieżną i największą grubością pokrywy śnieżnej (cm) w Gorzowie w okresie 1950/51-2020/21.

Największa liczba dni z pokrywą śnieżną			Największa grubość pokrywy śnieżnej		
Lp.	Liczba dni	Sezon zimowy	Lp.	Grubość (cm)	Sezon zimowy
1	122	1969/70	1	70	1964/65
2	87	1968/69	2	50	1969/70
3	83	1978/79	3	48	1978/79
4	79	1962/63	4	35	2010/11
5	76	1965/66	5	32	1973/74
6	74	2009/10	6	31	2009/10
7	72	1964/65	7/8/9	30	1962/63
8/9	71	1986/87	7/8/9	30	1967/68
8/9	71	2005/06	7/8/9	30	2001/02
10	70	2012/13	10	27	1968/69

Do oceny śnieżnego charakteru zimy wykorzystuje się w literaturze wskaźnik śnieżności zimy autorstwa Paczosa [1982]. Uwzględnia on m.in. długość zalegania i grubość pokrywy śnieżnej w sezonie zimowym. W Gorzowie najbardziej śnieżnymi zimami były: 1969/70, 1978/79 i 1968/69. Warto zauważyć, że w pierwszej dekadzie najbardziej śnieżnych sezonów zimowych znalazły się aż trzy zimy z XXI wieku (2005/06, 2009/10, 2010/11). Z kolei całkowicie bezśnieżną zimą była ta z lat 2019/20. Spośród najmniej śnieżnych sezonów zimowych aż sześć przypadło na XXI w., a trzy na lata 70. (tab. 30).

Tabela 30. Sezony o największych i najmniejszych wartościach wskaźników śnieżności zim w Gorzowie w okresie 1950/51-2020/21.

Najbardziej śnieżne sezony zimowe			Najmniej śnieżne sezony zimowe		
Lp.	Sezon zimowy	Wskaźnik śnieżności zimy	Lp.	Sezon zimowy	Wskaźnik śnieżności zimy
1	1969/70	6,76	1	2019/20	0,00
2	1978/79	4,39	2	1988/89	0,25
3	1968/69	3,75	3	1972/73	0,41
4	1962/63	3,67	4	2014/15	0,41
5	2009/10	3,66	5	2007/08	0,41
6	1964/65	3,43	6	2018/19	0,45
7	1965/66	3,22	7	1974/75	0,49
8	2010/11	3,19	8	1977/78	0,54
9	1986/87	2,93	9	2006/07	0,54
10	2005/06	2,93	10	2013/14	0,66

Ciśnienie atmosferyczne

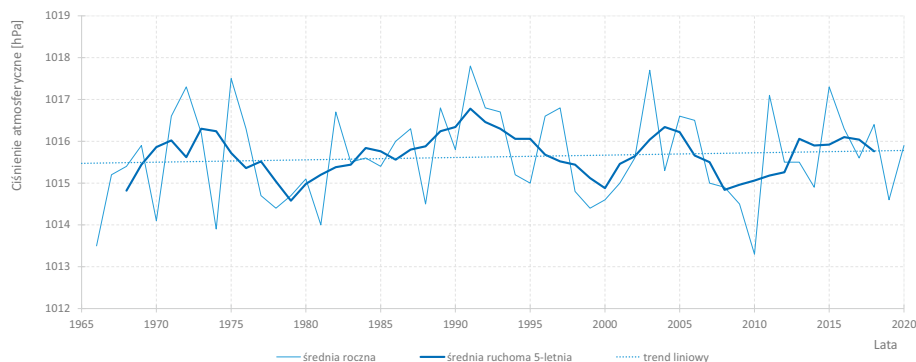
Mianem ciśnienia atmosferycznego określa się siłę, jaką słup powietrza sięgający górnej granicy atmosfery wywiera na powierzchnię, na której znajduje się barometr. Pomiary ciśnienia w Gorzowie rozpoczęto z chwilą uruchomienia stacji meteorologicznej, tj. 1 marca 1874 r., a przyrządem pomiarowym przez blisko 120 lat był barometr rtęciowy. Od 1992 r. ciśnienie mierzone jest cyfrowym barometrem deformacyjnym, przyrządem bardziej niezawodnym i precyzyjnym. Parametr ten zmienia się dość szybko z wysokością, przeciętnie spada

o 1 hPa na 8 m wysokości. Aby wyniki pomiarów w punktach położonych na różnych wysokościach były ze sobą porównywalne, do odczytu ciśnienia wprowadza się poprawkę do poziomu morza. Zatem na stacjach meteorologicznych notuje się dwie wartości tego elementu – ciśnienie zmierzone na poziomie barometru (stacji) oraz ciśnienie zredukowane do poziomu morza. Zmienność ciśnienia jest uzależniona w największej mierze od przemieszczania się układów wyżowych i niżowych nad Europą (zmiany nieregularne) oraz w znacznie mniejszym stopniu od zmian dobowych.

Do analizy ciśnienia atmosferycznego wykorzystano 55-letnią serię pomiarową 1966-2020. Podstawowe dane obejmują terminowe wartości ciśnienia z ośmiu pomiarów w ciągu doby (co 3 godziny). Początkowo barometr w Gorzowie znajdował się na wysokości 56,3 m n.p.m., po zmianie lokalizacji w 1974 r. wysokość wynosiła 73,06 m n.p.m. Od 4 czerwca 2018 r. do 31 grudnia 2019 r. przyrząd znajdował się na rzędnej 73,96 m n.p.m. 1 stycznia 2020 r. w wyniku zmiany układu wysokościowego z układu Kronsztad na układ PL-EVRF2007-NH (opartego na średnim poziomie morza w Amsterdamie) wysokość barometru została określona na 74,12 m n.p.m., co oznacza, że poprawka do poziomu morza wynosi – w zależności od temperatury i ciśnienia – od 8 do 11 hPa. Do analizy użyto ciśnienia zredukowanego do poziomu morza, co umożliwiła porównanie wyników z innymi stacjami w kraju. Do określenia wartości ekstremalnych wykorzystano całą powojenną serię pomiarową z możliwie najbardziej szczegółową rozdzielczością czasową. Natomiast przebieg dobowy ciśnienia zilustrowano danymi cogodzinnymi z ostatniego 25-lecia (1996-2020). Dodatkowo opublikowano największe wartości tendencji ciśnienia na poziomie stacji w ciągu 3 oraz 24 godzin. Gwałtowne zmiany ciśnienia są bowiem jednym z najsilniej oddziałujących negatywnie na samopoczucie człowieka czynników biometeorologicznych. W procesie kontroli jakości danych ciśnienia w Gorzowie skorygowano 2,8% wszystkich terminowych wartości ciśnienia na poziomie stacji oraz 6,3% wartości ciśnienia na poziomie morza. Najpoważniejszą nieprawidłowość wykryto w okresie od 20 maja 1982 r. do 30 listopada 1983 r. – polegała ona na stałym zaniżeniu wartości ciśnienia odczytywanych na barometrze (średnio o ok. 1,4 hPa), co przełożyło się również na błędne wartości ciśnienia zredukowanego do poziomu morza. Przyczyną tego błędu była wada przyrządu, wartości wróciły do prawidłowego poziomu po zamontowaniu nowego barometru 30 listopada 1983 r. Wszystkie dobowe wartości w tym okresie zostały skorygowane o +1,4 hPa, a wartości miesięczne i roczne przeliczono ponownie. Kolejny, nie mniej istotny, błąd w serii pomiarowej ciśnienia stwierdzono od 13 maja 2015 r. do 4 czerwca 2018 r., kiedy to obowiązywała niepoprawnie zmierzona wysokość barometru. Skutkiem tej sytuacji było stałe zaniżenie w tym okresie poprawki do poziomu morza i jednocześnie zaniżenie wartości ciśnienia zredukowanego do poziomu morza o przeciętnie 0,2 hPa. Ponadto, skorygowano blisko trzydzieści terminowych wartości ciśnienia na poziomie morza w latach 1967-1992, w których zastosowano błędną wartość poprawki.

Średnie wieloletnie ciśnienie atmosferyczne na poziomie morza w Gorzowie wynosi 1015,6 hPa. Na tle kraju jest to wartość przeciętna, wyższe ciśnienie mierzone jest na południu Polski, a niższe na północy. Wieloletni przebieg średniego rocznego ciśnienia atmosferycznego w Gorzowie nie wykazuje znaczącego trendu, obserwuje się jego bardzo słaby wzrost, nieistotny statystycznie (rys. 47). Podobne, niemal niezauważalne roczne zmiany ciśnienia obserwuje się w całej Polsce [Bielec-Bąkowska, Piotrowicz 2021].

W przebiegu rocznym różnice między średnimi miesięcznymi wartościami ciśnienia nie są duże, zakres zmienności sięga 2,5 hPa. Można zauważyć dwa minima (w kwietniu i lipcu), a wartości najwyższe we wrześniu i październiku z drugorzędym maksimum w styczniu i lutym (tab. 31).



Rysunek 47. Wieloletni przebieg średnich rocznych wartości ciśnienia atmosferycznego zredukowanego do poziomu morza (hPa) w Gorzowie w latach 1966-2020.

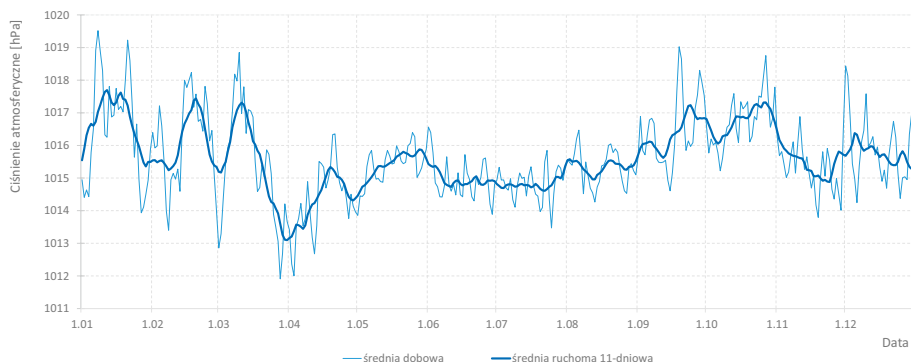
Tabela 31. Średnie i ekstremalne wartości ciśnienia atmosferycznego zredukowanego do poziomu morza (hPa) w Gorzowie w latach 1966-2020.

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	ROK
Średnie wartości miesięczne i roczne													
Średnia	1016,6	1016,3	1015,4	1014,3	1015,4	1015,0	1014,8	1015,3	1016,5	1016,8	1015,3	1015,9	1015,6
Najwyższa	1028,3	1027,2	1024,4	1020,8	1020,9	1019,7	1019,7	1019,6	1021,4	1024,9	1024,5	1027,4	1017,8
Rok	1989	1975	2003	2007	1992	2006	1969	1973	1971	1985	1993	1972	1991
Najniższa	1006,6	1006,6	1002,9	1006,3	1008,6	1010,8	1009,8	1008,5	1009,2	1006,5	1005,8	1002,4	1013,3
Rok	1986	2010	2008	1998	1984	1971 1980	2011	2006	1984	1974	2010	1981	2010
Terminowe wartości ekstremalne													
Najwyższa	1050,6	1047,1	1043,8	1036,5	1038,0	1032,2	1031,7	1032,0	1039,8	1043,2	1044,1	1048,8	1050,6
Rok	2006	2019	2003	1997	1990	2011	2006	1981	1970	1993	1985 1998	1991	2006
Najniższa	974,1	967,0	971,6	985,8	983,7	989,5	991,6	988,2	988,0	977,4	970,4	968,6	967,0
Rok	2015	1989	1990	1992	1997	2017	1970	1978	1998	1974	1983	2011	1989

Dużą zmienność ciśnienia w ciągu roku znacznie lepiej obrazuje przebieg wartości dobowych niż wartości miesięcznych (rys. 48). W miesiącach zimowych zarysowuje się ogromna zmienność z dnia na dzień, charakterystyczny i największy w roku spadek ciśnienia pojawia się w drugiej i trzeciej dekadzie marca. Na przełomie marca i kwietnia ciśnienie osiąga roczne minimum, po czym następuje wzrost wartości aż do końca maja. Miesiące letnie to okres najmniejszych wahań ciśnienia, a od sierpnia zaznacza się powolny i nieregularny jego wzrost aż do końca października. Na początku listopada pojawia się szybki spadek, a następnie ciśnienie ulega znacznym i nieregularnym zmianom charakterystycznym dla zimy.

Duża zmienność ciśnienia w okresie zimowym dotyczy również występowania absolutnych wartości ekstremalnych. Charakterystycznym elementem zim zachodniej Polski jest duża różnorodność typów pogód – od suchych i mroźnych, spowodowanych oddziaływaniem silnych wyzów znad Azji i wschodniej Europy aż po odwilżowe i ciepłe, uwarunkowane przemieszczaniem się głębokich niżów znad Atlantyku. Różnica między skrajnymi wartościami ciśnienia odnotowanego na stacji w Gorzowie wynosi blisko 84 hPa. Spośród wartości terminowych (osiempomiarównadobę) w ostatnim 55-leciu najwyższe ciśnienie zmierzono 23 stycznia 2006 r. –

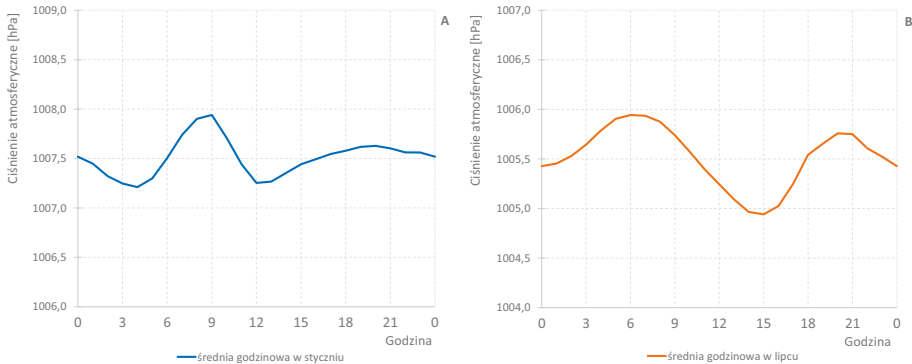
1050,6 hPa, a między terminami pomiarowymi zarejestrowano 1050,8 hPa. Była to też najwyższa wartość odnotowana w całej powojennej historii pomiarów. Ziemia gorzowska była wówczas pod wpływem silnego i mroźnego wyżu z ośrodkami nad północno-wschodnią Europą i północną Polską, odnotowano wówczas najniższą temperaturę powietrza w ostatnim trzydziestoleciu ($-23,4^{\circ}\text{C}$). Wysokie wartości ciśnienia powyżej 1040 hPa zdarzają się tylko w chłodnej połowie roku i są z reguły związane z napływem mroźnej i suchej masy powietrza.



Rysunek 48. Roczny przebieg średniego dobowego ciśnienia atmosferycznego zredukowanego do poziomu morza (hPa) w Gorzowie w latach 1966-2020.

Najniższą wartość ciśnienia w wieloleciu 1966-2020 odnotowano 26 lutego 1989 r. (967,0 hPa). Gorzów znalazł się wtedy w zasięgu głębokiego niżu znad Morza Północnego z napływem ciepłego powietrza z południa. Wyjątkowo niskie wartości ciśnienia (poniżej 985 hPa) notowane są wyłącznie od października do marca i przeważnie przynoszą pogodę odwilżową, ciepłą z silnym wiatrem i opadami. Należy wspomnieć, że rekordowo niską wartość ciśnienia w całej powojennej serii pomiarowej odnotowano 23 grudnia 1954 r. Podczas szybko przemieszczającego się niżu znad Danii nad północną Polskę ciśnienie spadło do 966,1 hPa. Podobnie niskie ciśnienie wystąpiło niecały miesiąc później – 17 stycznia 1955 r. zmierzono ciśnienie o wartości 967,1 hPa.

Dostępna seria ciśnienia z codziennych pomiarów w ostatnim 25-leciu (1996-2020) pozwala na przyjrzenie się w jaki sposób ciśnienie kształtuje się w ciągu doby. W warunkach klimatu umiarkowanego przejściowego regularne dobowe wahania ciśnienia są przeważnie słabo wyrażone. W dniach ze stabilnym polem barycznym zmiany zaznaczają się wyraźniej. Na rysunku 49 zamieszczono dobowy przebieg ciśnienia w miesiącu zimowym i letnim. W każdym z wymienionych miesięcy obserwuje się po dwa maksima i dwa minima w ciągu doby. W obu miesiącach pierwszorzędne maksimum pojawia się w godzinach porannych (w godz. 7-8 w styczniu i godz. 6-7 w lipcu). Natomiast wartości najniższe zarysowują się zimą w godz. 3-4, a latem w godz. 14-15. Przyczyna regularnych wahań ciśnienia w ciągu doby w dużej mierze nawiązuje do dobowych zmian temperatury powietrza.



Rysunek 49. Dobowy przebieg średnich godzinowych wartości ciśnienia atmosferycznego na poziomie stacji (hPa) w Gorzowie w latach 1996-2020.

Oprócz samej wartości ciśnienia atmosferycznego, istotnym wskaźnikiem zmian zachodzących w atmosferze jest tendencja ciśnienia wyrażona wielkością zmiany w jednostce czasu. Gwałtowne zmiany ciśnienia są spowodowane przechodzeniem głębokich ośrodków niżowych z aktywnymi frontami atmosferycznymi oraz szybką przebudową pola ciśnienia. Gwałtowne wzrosty lub spadki ciśnienia, którym z reguły towarzyszy dynamiczny typ pogody z opadami i bardzo silnym wiatrem, są czynnikiem niekorzystnie wpływającym na samopoczucie człowieka. Największe spadki ciśnienia w ciągu 3 godzin pojawiają się tuż przed nadejściem frontu ciepłego towarzyszącego głębokim niżom, natomiast największe wzrosty pojawiają się bezpośrednio po przejściu aktywnych frontów chłodnych. Z kolei gwałtowne zmiany tego parametru w ciągu 24 godzin pojawiają się przy szybkiej i gruntownej przebudowie pola ciśnienia w Europie. Największe zmiany ciśnienia odnotowane na stacji w Gorzowie przedstawiono w tabeli 32.

Różnice w rozkładzie ciśnienia powietrza na obszarze miasta wynikają przede wszystkim z różnic wysokości terenu. Jak powszechnie wiadomo, ciśnienie spada wraz ze wzrostem wysokości. W tym samym czasie ciśnienie zmierzone w najniższym punkcie miasta (brzeg Warty w rejonie Wieprzyc) będzie o 10-11 hPa wyższe niż ciśnienie odnotowane w najwyższym punkcie miasta (okolice Chróścika i Baczyny). Różnice te nie mają istotnego znaczenia ani klimatologicznego ani nie wpływają na samopoczucie człowieka.

Ciekawe spostrzeżenia w zakresie ciśnienia powietrza w Gorzowie opisał gorzowski geograf Alfred Bubiń [1975]. Według tego autora „(...) rynna Kłodawki, szczególnie w północnej części miasta, jest miejscem dużych wahań ciśnienia atmosferycznego, bowiem stosunki baryczne w tym obniżeniu zależą zarówno od ruchów powietrza w pradolinie, na wysoczyźnie i na sandrze, jak i od inwersyjnego charakteru samej doliny Kłodawki”. Sugerowane miejsca dużych wahań ciśnienia mogą wynikać z mechanicznego oddziaływania wiatru i związanej z tym wzmoczonej turbulencji w górnej części dowiezrznego zbocza doliny Kłodawki, tj. w strefie krawędziowej ciągnącej się między ul. Drzymały i Walczaka oraz ul. Wyszyńskiego i Piłsudskiego, aż do okolic szpitala przy ul. Dekerta.

**Tabela 32. Największe zmiany ciśnienia atmosferycznego (hPa)
w ciągu 3 i 24 godzin w Gorzowie w latach 1966-2020.**

Największe zmiany ciśnienia w ciągu 3 godzin				Największe zmiany ciśnienia w ciągu 24 godzin			
Największy wzrost		Największy spadek		Największy wzrost		Największy spadek	
+13,2	05.10.2017	-12,5	03.01.1976	+39,5	04.01.1976	-44,8	28.01.2010
+11,8	27.01.1995	-10,2	28.03.1997	+39,0	09.12.1973	-39,0	27.01.2010
+11,6	19.01.2007	-9,9	05.01.1976	+37,2	04.04.1973	-37,3	01.03.2008
+11,5	29.12.1974	-9,8	16.12.2005	+37,0	19.01.2007	-36,6	16.12.2011
+10,4	24.11.1984	-9,8	16.12.2011	+37,0	06.01.2012	-36,0	12.02.2005

Wiatr

Wiatr jest odczuwalnym przejawem cyrkulacji atmosferycznej, a jego kierunek i prędkość uzależnione są głównie od rozmieszczenia układów barycznych oraz gradientu ciśnienia. Na modyfikację tego elementu meteorologicznego wpływa również ukształtowanie i użytkowanie terenu oraz wysokość nad powierzchnią gruntu. To sprawia, że trudno pozyskać obiektywne i miarodajne dane o kierunku i prędkości wiatru, a analizę tych informacji należy poprzedzić rozpoznaniem historii lokalizacji, wysokości wiatromierza i rodzajem stosowanego przyrządu.

Pomiary kierunku i prędkości wiatru w Gorzowie zostały zapoczątkowane już w 1874 r., ale przez kolejne 90 lat dane były pozyskiwane mało precyzyjnymi metodami (obserwacje wizualne, wiatrowskaz, wiatromierz Wilda, wiatromierz Tretiakowa). Pierwszy zdalny wiatromierz został zamontowany w roku 1963, ale aż do 1997 r. wykorzystywane przyrządy były mało precyzyjne (typ M-47, M-63, W-863). Do 2014 r. w eksploatacji były wiatromierze wirnikowe i czasowe (Aviomet WS-10, Young 05103, Vaisala WAA/WAV151), następnie zamontowano pozostający do dziś w użyciu wiatromierz ultradźwiękowy o dużej czułości (Vaisala WS-425). Zmiana wykorzystywanych przyrządów pomiarowych znalazła najsilniejsze odbicie w częstotliwości występowania cisz.

W pomiarach wiatru zasadnicze znaczenie ma wysokość zamocowania przyrządu. Rekomendowaną przez polskie i międzynarodowe wytyczne wysokością wiatromierza w otwartym terenie jest 10 m. Wielkość ta zmieniła się w Gorzowie na przestrzeni lat, do sierpnia 1985 r. było to 13 m, następnie podwyższono przyrząd do 15 m, a od maja 1997 r. do dziś wiatromierz pozostaje na wysokości 10 m nad gruntem. Ta ostatnia zmiana zaznacza najwyraźniej się w statystykach związanych z prędkością wiatru – szacuje się, że skutkowała ona spadkiem średniej rocznej prędkości wiatru o ok. 0,8-1,0 m/s.

W Gorzowie stacja pomiarowa przez cały analizowany okres (1966-2020) była zlokalizowana w obrębie krawędzi wysoczyzny opadającej ok. 40-50 m w kierunku południowym, w stronę doliny Warty. Natomiast w kierunku północnym teren jest falisty. Takie graniczne położenie, w obrębie gwałtownych zmian wysokości terenu, nie sprzyja pozyskaniu reprezentatywnych danych wiatrowych, ponieważ mogą zachodzić istotne modyfikacje pola wiatru. Należy zaznaczyć, że lokalizacja stacji na wysoczyźnie jest i tak lepszym miejscem niż dno doliny rzecznej. We wklęsłej formie terenu istnieje tendencja do kanalizowania przepływów powietrza objawiająca się zwiększoną częstotliwością występowania kierunków wiatru zgodnych z osią przebiegu doliny.

Przez pierwsze 20 lat analizowanego okresu otoczenie stacji meteorologicznej stanowiły pola uprawne, ogrody i sady z niską zabudową rozproszoną. Od połowy lat 80. obserwowany był stopniowy wzrost udziału

terenów z zabudową jednorodziną, co skutkowało zwiększaniem szorstkości podłoża. Wpłynęło to na zaburzenie normalnego przepływu powietrza objawiającego się głównie zaniżeniem prędkości wiatru. Obecnie w promieniu do 200 m od wiatromierza średnia wysokość przeszkód (budynki, drzewa) wynosi ok. 7-9 m, czyli zaledwie 1-3 m poniżej poziomu wiatromierza.

Do analizy warunków anemologicznych została wykorzystana seria pomiarowa kierunków i prędkości wiatru opierająca się na ośmiu obserwacjach w ciągu doby w latach 1966-2020. W przypadku kierunku wiatru zliczono częstość występowania poszczególnych kierunków, a dane z trzydziestu sześciu kierunków przeliczono na osiem głównych kierunków świata. Wykorzystano również dane dotyczące liczby dni z wiatrem silnym i bardzo silnym (wystąpienie wiatru o średniej prędkości odpowiednio: ≥ 10 m/s i > 15 m/s) oraz najwyższe wartości porywów wiatru. Seria pomiarowa tego ostatniego parametru była krótsza i objęła 46 lat (1975-2020).

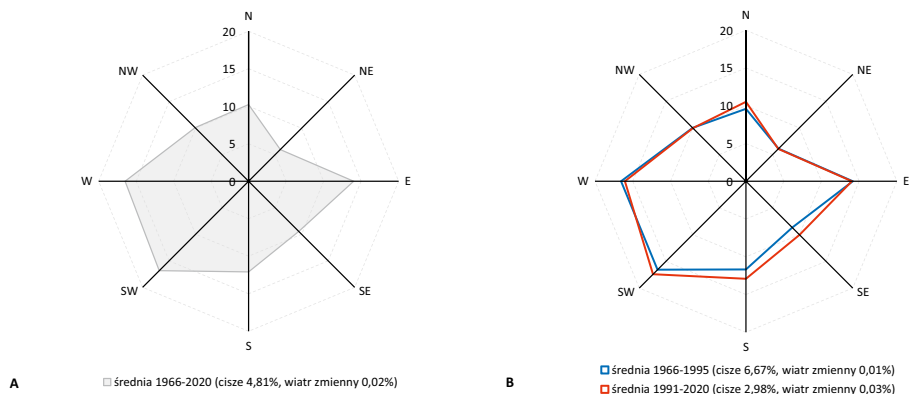
W wyniku przeprowadzonej przez autora kontroli jakości danych ujawniono poważny i stały błąd w serii pomiarów kierunków wiatru – przez blisko 40 lat (!), od 21 listopada 1974 r. do 11 lutego 2014 r., wskutek błędnego wyznaczenia linii południkowej (zamiast na linii 360-180°, wyznaczono ją na linii 336-156°), wszystkie wiatromierze były nieprawidłowo orientowane względem północy, co skutkowało stałym błędem w odczytach kierunku wiatru o wartości 24°. Do wszystkich terminowych wartości kierunków wiatru od 21 listopada 1974 r. do 11 lutego 2014 r. zastosowano korektę – dla kierunków 30-360° odjęto 20°, dla kierunków 10-20° dodano 340°.

Serię pomiarową prędkości wiatru należy uznać za niejednorodną wskutek m.in.: istotnych zmian metod pomiarowych i rodzajów wiatromierzy, zmiany wysokości mocowania przyrządów, usterek wiatromierzy oraz zmiany lokalizacji stacji w 1974 r. Pomimo tych zakłóceń nie zastosowano korekt w serii prędkości wiatru, a zaprezentowane poniżej wyniki przebiegów wieloletnich (bez wyznaczania trendów liniowych) należy traktować z ostrożnością i orientacyjnie.

Kierunek wiatru

W ujęciu wieloletnim w Gorzowie najczęściej występuje wiatr z kierunku zachodniego i południowo-zachodniego (łącznie 33% w roku) oraz wschodniego (14%). Najrzadziej pojawia się wiatr północno-wschodni i południowo-wschodni (rys. 50A). Pewną osobliwością na tle kraju jest stosunkowo nieduży udział roczny wiatru północno-zachodniego, który w Gorzowie jest porównywalny z częstością kierunku północnego (po 10%). Wyróżnia się także relatywnie większy udział wiatru z kierunku północnego i wschodniego, których przyczyną mogą być lokalne cyrkulacje powietrza, o których będzie mowa w rozdziale Osobliwości pogody i klimatu w rejonie Gorzowa. Roczny udział sytuacji bezwietrznych sięga blisko 5%, a podczas znikomej liczby obserwacji kierunek wiatru oceniono jako zmienny.

Orientacyjną zmianę frekwencji poszczególnych kierunków wiatru można dostrzec na różach wiatrów z różnych okresów pomiarowych. Porównując rozkład kierunków wiatru z pierwszej (1966-1995) i ostatniej (1991-2020) części analizowanego okresu, w ostatnim 30-leciu zaznacza się zmniejszenie częstości wiatru zachodniego, a częściej występuje kierunek północny oraz kierunki od południowo-wschodniego do południowo-zachodniego (rys. 50B). Ujawnia się zatem nieznaczny wzrost częstości południkowych przepływów powietrza kosztem przepływów równoleżnikowych.



Rysunek 50. Średnia wieloletnia częstość kierunków wiatru (%) w Gorzowie w latach: A – 1966-2020, B – 1966-1995 i 1991-2020.

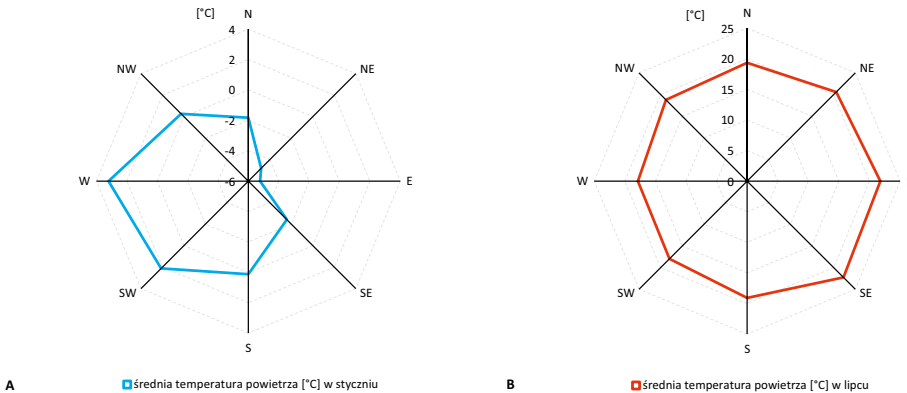
W przebiegu rocznym udział poszczególnych kierunków wiatru zmienia się. Kierunki północny i północno-wschodni najczęściej występują wiosną i latem. Wiatr wschodni cechuje się największą frekwencją od stycznia do maja. Sektor od południowo-wschodniego do południowo-zachodniego jest najczęściej reprezentowany jesienią i zimą, a najrzadziej wiosną i latem. Wiatr z zachodu ma stosunkowo wyrównany udział w przebiegu rocznym z mało wyraźnym maksimum w lipcu i grudniu, a minimum w kwietniu i maju. Z kolei wiatr północno-zachodni najczęściej pojawia się w czerwcu i lipcu, a najrzadziej jesienią i zimą. Cisze najrzadziej zdarzają się od lutego do kwietnia, a najczęściej od sierpnia do października (tab. 33).

Tabela 33. Średnia miesięczna i roczna częstość kierunków wiatru (%) w Gorzowie w latach 1966-2020.

Kierunek	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	ROK
N	5,7	8,1	9,3	15,5	16,2	16,8	14,3	11,9	9,4	5,7	5,1	4,6	10,2
NE	4,1	6,4	7,0	8,6	8,8	6,3	6,3	6,6	5,5	4,4	4,4	3,5	6,0
E	15,1	16,5	17,0	15,5	17,0	11,2	9,8	13,3	12,5	14,7	13,5	12,1	14,0
SE	10,5	9,8	8,9	9,1	9,1	6,8	6,6	8,6	8,7	11,6	13,0	10,6	9,4
S	14,0	12,6	11,5	9,4	8,7	9,0	9,4	11,0	12,5	15,3	16,2	15,4	12,1
SW	21,8	18,4	16,5	11,8	10,4	12,8	14,7	15,1	16,7	19,2	21,1	23,9	16,9
W	16,7	16,2	17,4	14,1	13,1	17,6	19,7	16,3	17,2	15,4	15,7	18,3	16,5
NW	7,5	8,1	9,6	11,9	12,0	14,8	14,6	11,5	10,7	6,9	6,4	7,1	10,1
cisza	4,6	3,9	2,9	4,0	4,7	4,6	4,6	5,7	6,8	6,8	4,7	4,5	4,8
zmienny	0,0	0	0	0,0	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0	0	0	0,0

Zebrany materiał pomiarowy umożliwia przyjrzenie się powiązaniom między kierunkiem wiatru i temperaturą powietrza występujących w czasie obserwacji. Największe różnice temperatury powietrza w zależności od kierunku wiatru (w wieloletniu 1996-2020) zachodzą w miesiącach zimowych, a najmniejsze jesienią. W styczniu przeciętnie najniższe wartości temperatury występują przy wietrze wschodnim ($-5,2^{\circ}\text{C}$) i północno-wschodnim ($-4,8^{\circ}\text{C}$), co jest związane z napływem polarnej masy powietrza pochodzenia kontynentalnego z Europy Wschodniej. Z kolei dodatnia średnia temperatura w styczniu notowana jest przy napływie po-

wietrza z sektora zachodniego (polarne masy powietrza docierające z Oceanu Atlantyckiego) z maksimum przy wietrze zachodnim ($3,2^{\circ}\text{C}$) i południowo-zachodnim ($2,1^{\circ}\text{C}$, rys. 51A). Odmienne sytuacja wygląda w najcieplejszym miesiącu roku, lipcu – najwyższe temperatury towarzyszą wiatrowi od północno-wschodniego ($20,6^{\circ}\text{C}$) po południowo-wschodni ($22,3^{\circ}\text{C}$). Chłodniejszy typ pogody pojawia się przy napływie powietrza z sektora zachodniego, do $17,9^{\circ}\text{C}$ przy wietrze zachodnim. Warto zauważyć, że w lipcu nieznacznie wyższa temperatura ma miejsce przy wietrze północnym ($19,5^{\circ}\text{C}$) niż wietrze z południa ($19,1^{\circ}\text{C}$). Może mieć to uzasadnienie w istnieniu lokalnych cyrkulacji powietrza, które zostaną opisane w rozdziale Osobliwości pogody i klimatu w rejonie Gorzowa. W zależności od pory roku, masy powietrza napływające z tych samych kierunków powodują odmienne odchylenia temperatury od średniej (rys. 51B).



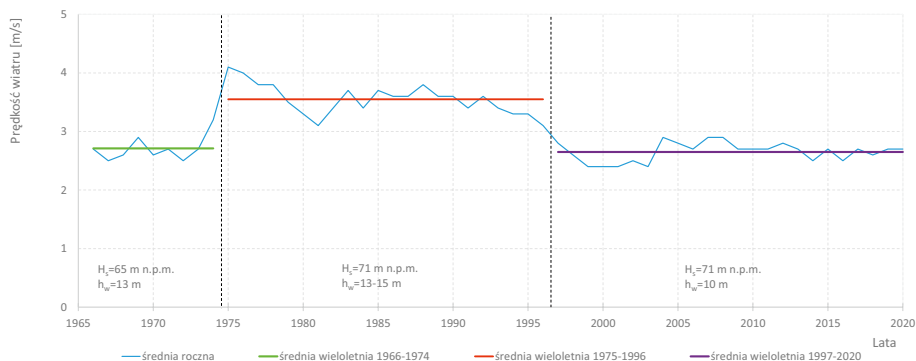
Rysunek 51. Średnia wieloletnia temperatura powietrza ($^{\circ}\text{C}$) w zależności od kierunków wiatru w Gorzowie w latach 1996-2020: A – w styczniu, B – w lipcu.

Prędkość wiatru

Średnia roczna prędkość wiatru w latach 1966-2020 w Gorzowie wyniosła $3,0\text{ m/s}$ – to wartość typowa dla obszarów Polski nizinnej. W wieloletnim przebiegu tego parametru, oprócz czynników naturalnych, ujawnia się wyraźny wpływ zmiany lokalizacji stacji i wysokości wiatromierza (rys. 52). Początkowo średnia roczna prędkość wiatru kształtowała się na poziomie $2,5\text{--}2,9\text{ m/s}$. Zmiana lokalizacji stacji w listopadzie 1974 r. przyniosła wyraźny wzrost tej wartości, przez kolejne 22 lata nie spadała ona poniżej $3,0\text{ m/s}$, a w latach 1975-1976 sięgnęła nawet $4,0\text{--}4,1\text{ m/s}$. Zauważalne obniżenie prędkości wiatru zaczęło się w 1997 r., kiedy obniżono wysokość wiatromierza z 15 m na 10 m . Od tego czasu rozpatrywany element kształtował się na poziomie $2,4\text{--}2,9\text{ m/s}$ i nie wystąpiły już wartości powyżej $3,0\text{ m/s}$. Zakłócenia w serii pomiarowej tego elementu nie pozwalają na rzetelne zbadanie zmienności wieloletniej. Jest to zresztą specyfika nie tylko stacji w Gorzowie, ale i większości punktów pomiarowych w Polsce. Z badań Wibig [2021] wynika, że w Polsce obserwuje się słaby trend spadkowy prędkości wiatru z zastrzeżeniem, że jego przyczyną mogą być zmiany przyrządów pomiarowych oraz zmiany otoczenia stacji meteorologicznych, w szczególności zaś wzrost szorstkości terenu.

W skali roku przebieg średniej prędkości wiatru wykazuje niewielkie wahania z największymi wartościami od grudnia do kwietnia i kulminacją w marcu ($3,5\text{ m/s}$) oraz minimum w sierpniu na poziomie $2,5\text{ m/s}$ (tab. 34).

Rozkład ten jest charakterystyczny dla klimatu Polski i jest związany ze zwiększoną dynamiką układów barycznych w chłodnej porze roku. W poszczególnych latach średnie miesięczne zmieniają się w szerszym zakresie: najbardziej wietrzne miesiące wystąpiły w styczniu 1976 r. (5,9 m/s), grudniu 1988 r. (5,7 m/s) i styczniu 1983 r. (5,5 m/s). Z kolei najniższą średnią miesięczną zanotowano we wrześniu 1972 r. (1,3 m/s) oraz sierpniu i wrześniu 1967 r. (1,5 m/s). Jeszcze większym zakresem zmienności odznaczają się wartości średniej dobowej prędkości wiatru, najbardziej wietrzne dni w ostatnim 55-leciu to: 6 stycznia 1975 r. (14,5 m/s), 13 kwietnia 1975 r. (13,1 m/s), 15 listopada 1977 r. (12,8 m/s). Najwyższą terminową średnią prędkość wiatru zmierzono 29 grudnia 1974 r. – 21 m/s.

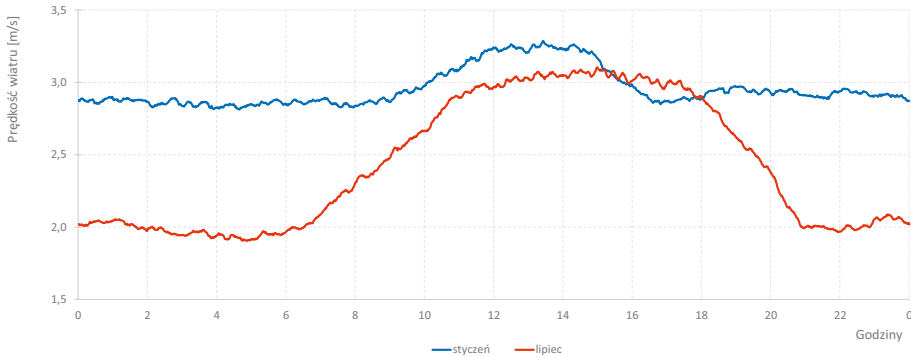


Rysunek 52. Wieloletni przebieg średniej rocznej prędkości wiatru (m/s) w Gorzowie w latach 1966-2020 z zaznaczeniem zmian lokalizacji stacji i wysokości wiatromierza (seria niejednorodna).

Tabela 34. Średnie miesięczne i roczne prędkości wiatru (m/s) w Gorzowie w latach 1966-2020.

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	ROK
Średnia	3,3	3,3	3,5	3,3	3,0	2,8	2,7	2,5	2,6	2,8	3,1	3,2	3,0
Najwyższa	5,9	4,4	4,8	4,7	4,5	3,8	3,7	3,4	4,2	4,1	5,3	5,7	4,1
Rok	1976	1976 1997	1990	1978	1975	1975 1992	× 4	1978 1983	1978 1985	1988	1977	1988	1975
Najniższa	1,6	2,0	2,3	2,3	2,1	2,0	1,8	1,5	1,3	1,6	1,9	1,8	2,4
Rok	1973	2003	1999 2016	2002	2002	1999	1967	1967	1972	1972	1967	1968 1972	× 4

Dobowe zróżnicowanie średniej prędkości wiatru (na podstawie średnich wartości minutowych) jest dobrze widoczne w miesiącach letnich, kiedy w ciągu dnia następuje rozwój konwekcji i ruchów turbulencyjnych powietrza. Z kolei w chłodnej porze roku prędkość wiatru jest kształtowana bardziej pod wpływem przemieszczających się układów barycznych, które rozmywają cykl dobowy. W lipcu najniższa prędkość wiatru występuje w godzinach nocnych ze słabo wyrażonym minimum w godz. 4-5. Od godz. 6 wiatr zwiększa swoją prędkość, a maksimum osiąga ok. godz. 15. W godz. 15-18 notowany jest szybki spadek i uspokojenie przyziemnych ruchów powietrza. W styczniu cykl dobowy ma mniej wyraźny charakter, maksimum jest obserwowane nieco wcześniej (godz. 12-14), a silnie wydłużone dobowe minimum rozciąga się od godz. 17 aż do godz. 9 (rys. 53). Dobowy zakres zmienności średniej prędkości wiatru sięga w lipcu 1,2 m/s, a w styczniu zaledwie 0,5 m/s.

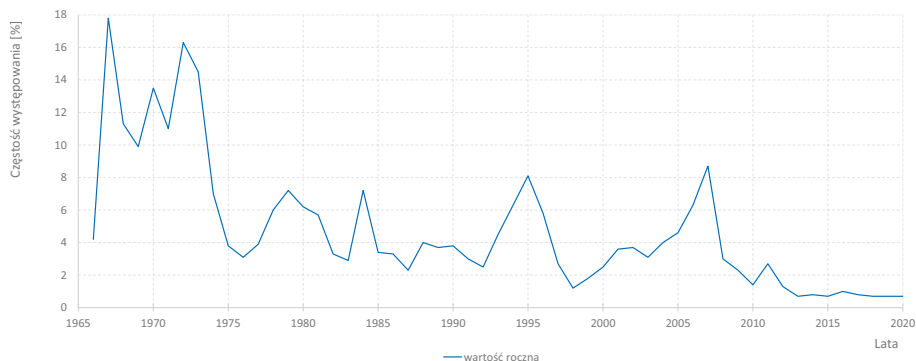


Rysunek 53. Dobowy przebieg średniej minutowej prędkości wiatru (m/s) w Gorzowie w latach 2006-2020.

Cisze

Specyficzną sytuacją wiatrową jest cisza. Charakterystyka bezwietrznych stanów atmosfery jest istotna zwłaszcza dla obszarów zurbanizowanych, gdyż zanik naturalnego przewietrzania miasta sprzyja koncentracji zanieczyszczeń w powietrzu. Częstość występowania cisz jest uzależniona m.in. od ukształtowania terenu. Zlokalizowana w rejonie krawędzi wysoczyzny stacja meteorologiczna reprezentuje teren dobrze przewietrzany, o warunkach niesprzyjających stagnacji powietrza. Można zatem wnioskować, że występuje tu mniejsze prawdopodobieństwo pojawiania się sytuacji bezwietrznych niż w innych częściach Gorzowa.

Wieloletni przebieg częstości występowania cisz jest obarczony wieloma czynnikami zakłócającymi jednorodność danych, o których wspomniano na początku rozdziału. Średnio cisze stanowiły 4,8% obserwacji. Najczęściej cisze były notowane na przełomie lat 60. i 70, rocznie 10-18%. W niektórych miesiącach tego okresu notowano nawet ponad 20% udziału cisz, z rekordowym wrześniem 1967 r. (34,6%), jednak wartości te są błędne, nie nawiązują bowiem do wyników na żadnej z sąsiednich stacji. Błędy spowodowane były częstymi usterkami wiatromierza M-47. Po zmianie lokalizacji stacji i przyrządu w 1974 r. frekwencja pojawiania się sytuacji bezwietrznych znacznie spadła i przez następne blisko 40 lat wahała się w szerokim zakresie 1-9%. Od 2014 r., gdy zainstalowano wiatromierz ultradźwiękowy o niskim progu zadziałania, aż do końca analizowanego okresu cisze były notowane z częstością nie większą niż 1% (rys. 54).



Rysunek 54. Wieloletni przebieg rocznego udziału ciszy (%) w Gorzowie w latach 1966-2020 (seria niejednorodna).

Bardziej wiarygodną będzie analiza częstotliwości występowania sytuacji bezwietrznych w skali roku oraz doby. W wieleciecu 1966-2020 częstotliwość ciszy była największa we wrześniu i październiku (blisko 7%), a najmniejsza w marcu (2,9%). Taki przebieg nawiązuje do rozkładu średniej prędkości wiatru, w którym marzec jest najbardziej wietrzny, a najmniej – sierpień i wrzesień. Dane z ostatniej dekady (2011-2020) wskazują, że najrzadziej cisze pojawiają się w grudniu i styczniu oraz lipcu (0,2-0,5%), a najczęściej w marcu (1,4%) i od sierpnia do października (1,7-1,8%).

Dobowy przebieg częstotliwości ciszy w okresie 1996-2020 wykazuje powiązanie z dobowym rozkładem prędkości wiatru. W ciągu doby największa szansa pojawienia się sytuacji bezwietrznej zachodzi od godzin wieczornych przez nocne aż po wczesnoporanne, a najmniejsze w ciągu dnia. Najsłabiej wyrażony cykl dobowy ciszy (najmniejsze wahania) zachodzi w miesiącach zimowych. Wiosną i latem występuje przedłużone minimum od godz. 6-7 do godz. 18, a jesienią faza ta skraca się do godz. 9-15. Największe ryzyko stagnacji powietrza powodującej koncentrację zanieczyszczeń powietrza pojawia się w październiku od godz. 16 do godz. 7 rano (powyżej 4,5%) z kulminacją dochodzącą do 7% o godz. 4 i 17.

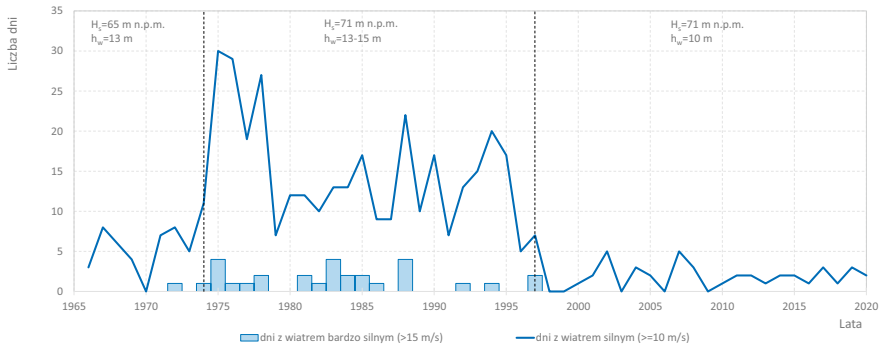
Wiatr silny i bardzo silny, porywy wiatru

Jednym z najbardziej groźnych dla człowieka składników pogody jest silny wiatr. W rejonie Gorzowa silne porywy wiatru związane są głównie z głębokimi niżami i aktywnymi frontami atmosferycznymi pojawiającymi się przeważnie od października do kwietnia. Natomiast w ciepłej porze roku zagrożenie silnym wiatrem związane jest z burzami, towarzyszące im porywy są lokalne i krótkotrwałe, ale mogą być bardzo silne i niszczące. Dane dotyczące liczby dni z wiatrem silnym (≥ 10 m/s), wiatrem bardzo silnym (> 15 m/s) oraz wartości porywów są obciążone błędami, których przyczyny opisano przy okazji średniej prędkości wiatru. Należy wspomnieć, że do lat 80.-90. wiatromieryze wskazywały jedynie chwilową wartość prędkości wiatru, zatem to od cierpliwości i spostrzegawczości obserwatora zależały odnotowane wartości porywów wiatru.

W ostatnim 55-leciu występowało średnio 8 dni w roku z wiatrem silnym. Rzetelna analiza wieloletniego przebiegu tego parametru nie jest możliwa ze względu na różną lokalizację wiatromieryza. Świadczy o tym m.in. szeroki zakres zmienności – od 0 dni (kilkakrotnie) do 30 dni w 1976 r. (rys. 55). Rozkład roczny dni z wiatrem silnym nawiązuje do przebiegu średniej prędkości wiatru, tj. maksimum występuje od listopada do kwietnia (0,8-1,4 dnia). W rekordowym miesiącu – styczniu 1976 r. – odnotowano 13 dni z wiatrem silnym. Natomiast najmniejsza fre-

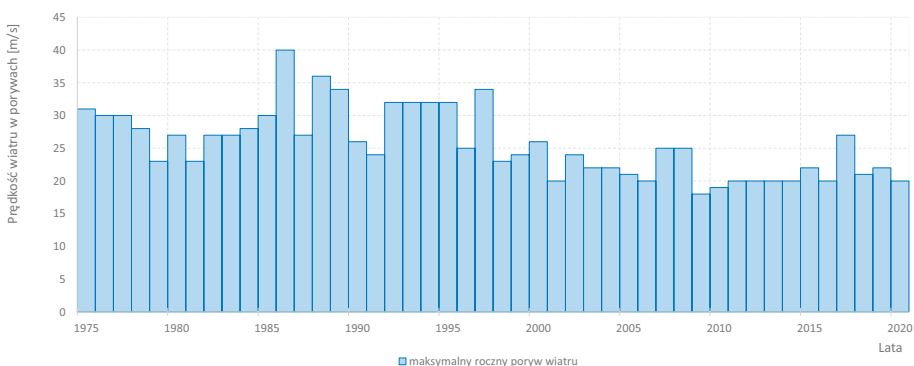
kwencja dni z wiatrem ≥ 10 m/s jest latem (poniżej 0,3 dnia) z minimum w sierpniu. Najdłuższe okresy z wiatrem silnym występowały: 4-7 stycznia 1975 r., 3-6 i 20-22 stycznia 1976 r., 24-26 listopada 1981 r., 22-26 stycznia 1993 r.

W rejonie Gorzowa dni z wiatrem bardzo silnym są obserwowane sporadycznie, średnio w roku 0,5 dnia. Były one notowane jedynie w pierwszej połowie analizowanego 55-lecia, a po 1997 r. (obniżenie wysokości wiatromierza) nie występowały w ogóle. Największą ich liczbę (4 dni) zarejestrowano w latach 1975, 1983, 1988. Wiatr o średniej prędkości powyżej 15 m/s występował wyłącznie od października do kwietnia, a stosunkowo najczęściej w styczniu, w tym 2 dni w rekordowym styczniu 1975 r.



Rysunek 55. Wieloletni przebieg rocznej liczby dni z wiatrem silnym (≥ 10 m/s) i bardzo silnym (> 15 m/s) w Gorzowie w latach 1966-2020 (seria niejednorodna).

W pomiarach prędkości wiatru istotnym parametrem jest poryw wiatru, definiowany jako nagły wzrost prędkości wiatru (trwający mniej niż 2 minuty) przewyższający o co najmniej 5 m/s średnią prędkość z okresu 10 minut. W latach 1975-2020 w każdym roku notowano porywy wiatru o prędkości co najmniej 18 m/s. Według klasyfikacji Lorenc [2012] porywy wiatru o prędkości minimum 17 m/s określa się mianem wiatru gwałtownego, który może powodować szkody. Najwyższe wartości porywów były notowane w okresie 1985-1997, tj. w czasie, kiedy wiatromierz znajdował się na wys. 15 m nad gruntem; wówczas co 1-2 lata porywy osiągały i przekraczały 30 m/s (rys. 56) – to wartość klasyfikowana jako wiatr huraganowy.



Rysunek 56. Wieloletni przebieg maksymalnych rocznych porywów wiatru (m/s) w Gorzowie w latach 1975-2020.

Najsilniejsze porywy wiatru pojawiają się niemal wyłącznie od października do kwietnia i są najczęściej związane z szybko przemieszczającymi się ośrodkami niżowymi i towarzyszącymi im aktywnymi frontami atmosferycznymi. Są to niżej o stosunkowo niewielkich rozmiarach, które zbliżając się do Polski gwałtownie się pogłębiają. Niekiedy bywają to szybko przemieszczające się i trudne do prognozowania tzw. niżej nurkujące lub niżej wtórne. Powstają one przeważnie w rejonie Wysp Brytyjskich, Morza Północnego lub cieśnin duńskich, a wkraczają na teren Polski z południowych Niemiec lub oddziałują z południowej Skandynawii lub południowego Bałtyku. Z kolei silny i porywisty wiatr trwający kilkanaście, a nawet kilkadziesiąt godzin może być spowodowany również obecnością bardzo rozległego i wyjątkowo głębokiego niżu z południowej lub północnej Skandynawii.

Najsilniejszy poryw wiatru odnotowano 21 października 1986 r., o godz. 3 w nocy zarejestrowano 40 m/s (tj. 144 km/h). Jego przyczyną był niewielki niż szybko przemieszczający się z Kanału La Manche przez północne Niemcy oraz po wybrzeże Bałtyku. Największe wartości porywów wystąpiły nie w rejonie wybrzeża, ale w głębi lądu z maksimum 46 m/s w Kaliszu [Lorenc 2012].

Na stacji meteorologicznej w Gorzowie porywy o charakterze wiatru huraganowego w okresie 1975-2020 zanotowano jedenaście razy, w tym m.in.: 24 grudnia 1988 r. (36 m/s), 29 listopada 1988 r. (35 m/s), 11 kwietnia 1997 r. (34 m/s), 20 stycznia 1986 r. (33 m/s), 28 marca 1997 r. (32 m/s). Wszystkie te przypadki wiązały się ze znacznymi zniszczeniami w rejonie miasta.

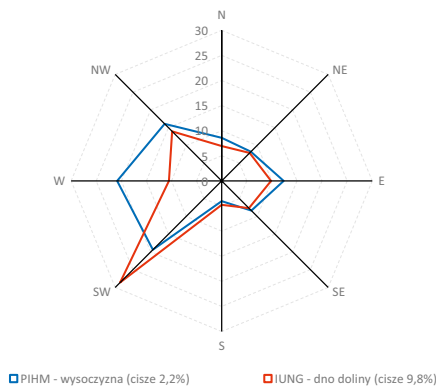
W okresie letnim silne porywy wiatru są z reguły związane z burzami. Najsilniejsze letnie porywy odnotowano 5 lipca 1988 r. (30 m/s), 17 czerwca 1976 r. (28 m/s), 12 lipca 1987 r. (25 m/s). Letnie burze cechują się ograniczonym zasięgiem przestrzennym i lokalnie zjawiska im towarzyszące mogą przybierać inną intensywność niż parametry zmierzone na stacji meteorologicznej. Tak było 11 września 2011 r., kiedy to burzy trwającej ponad 4 godziny towarzyszył ulewny deszcz (21 mm) i poryw wiatru 19 m/s. W okolicy miasta – sądząc po szkodach – wiatr osiągnął znacznie większą prędkość, a największe straty w postaci zerwanych dachów i ogromnych połaci powalonych lasów wystąpiły na pograniczu powiatu gorzowskiego i sulęcińskiego.

Zróznicowanie przestrzenne

Rozpoznanie warunków wiatrowych na obszarze miasta jest trudnym zadaniem, ponieważ kierunek i prędkość wiatru są uzależnione nie tylko od rozmieszczenia układów wyżowych i niżowych. Lokalnymi czynnikami wpływającymi na parametry wiatru jest także m.in. ukształtowanie terenu oraz układ ulic i budynków. Wstępna ocena zróżnicowania warunków wiatrowych na obszarze miasta jest możliwa w oparciu na krótkiej serii porównawczej (maj 1954-grudzień 1956) między stacją PIHM na wierzchołku i stacją IUNG na dnie doliny. Materiał powstał na bazie pomiarów mało precyzyjnym wiatromierzem Wilda.

Róża wiatrów ze stacji IUNG z połowy lat 50. wskazuje na dwukrotnie mniejszy udział wiatru z zachodu i nieco mniejszy udział kierunku północnego i północno-zachodniego. Na dnie doliny wyraźną nadreprezentacją cechuje się sektor południowo-zachodni (rys. 57). Taki rozkład tłumaczy osłonięcie stacji dolinnej w kierunkach WNW-N-ENE przez kilkudziesięciometrowej wysokości krawędź wysoczyzny. Znamienny jest również rozkład cisz, których na dnie doliny Warty notuje się ponad czterokrotnie więcej (9,8%) niż na wierzchołku (2,2%) – różnice te są największe latem i jesienią. Nieco większe częstości cisz podaje Kern [1969] w 6-leciu 1955-1960 – stacja IUNG 14,4% i stacja PIHM 3,0%. Z okresu porównawczego w latach 1954-1956 wynika, że średnie prędkości wiatru są wyższe na wysoczyźnie (3,5 m/s) niż w dolinie Warty (2,2 m/s). Świad-

czy to o lepszych warunkach wentylacji powietrza na wierzchołku. Stacja na wysoczyźnie lepiej reprezentuje ogólny reżim wiatrowy regionu, jest tu mniej czynników lokalnych modyfikujących przepływ powietrza.



Rysunek 57. Częstość występowania kierunków wiatru (%) na stacjach IUNG (dolina) i PIHM (wysoczyzna) w Gorzowie w latach 1954-1956 (32 miesiące).

Z powyższych danych można wnioskować, że w rejonie Gorzowa wklęsłe formy terenu są 4-, 5-krotnie bardziej narażone na występowanie okresów bezwietrznych niż obszar wysoczyzny. Za rejon najbardziej zagrożony stagnacją powietrza i związaną z nią koncentracją zanieczyszczeń powietrza należy uznać dolinę Kłodawki ciągnącą się od północnej granicy miasta przez os. Piaski, Nowe Miasto aż po Śródmieście, a także całą prawobrzeżną część miasta leżącą w dolinie Warty z dzielnicami Zamoście i Zakanałe (rys. 75). Szczególnie trudne warunki do naturalnego przewietrzania występują u podnóża krawędzi wysoczyzny (np. os. Wieprzyce, os. Słoneczne, ul. Warszawska) oraz w niewielkich dolinach i jarach głęboko wciętych w wysoczyznę (np. os. Zielona Dolina, dolina rzeki Srebrnej, niżej położone tereny osiedli Dolinki i Janice). Lepiej wentylowane dzielnice leżą na wysoczyźnie (w tym największe gorzowskie osiedla: Staszica, Górczyn, Ustronie). Z kolei rejonem najbardziej narażonym na oddziaływanie silnego wiatru z najmniejszym ryzykiem stagnacji powietrza jest strefa krawędziowa wysoczyzny i wierzchołki lokalnych wzgórz (np. osiedle przy ul. Sportowej oraz wyżej położone części osiedli Dolinki i Janice). W warunkach Gorzowa rejonami narażonymi na największe porywy wiatru są otwarte i płaskie tereny z dala od zabudowań i zadrzewień, np. łąki i pola uprawne na Zawarcu, Zakanału i w północno-zachodniej części miasta. Zagrożone są także tereny ekspozowane na napływ powietrza, jak górna krawędź wysoczyzny równoleżnikowo przecinająca miasto.

Na obszarze Gorzowa zidentyfikowano dwa typy lokalnych wiatrów mających cechy cyrkulacji wysoczyznowo-dolinnej oraz bryzy miejskiej, które swoją genezę mają w różnym stopniu nagrzewania i ochładzania powierzchni gruntu. Szerszy ich opis zamieszczono w rozdziale Osobliwości pogody i klimatu w rejonie Gorzowa.

Zjawiska meteorologiczne

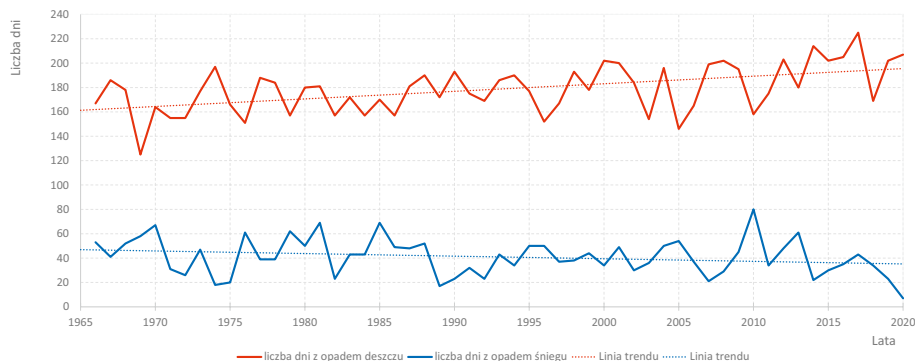
Zjawiska meteorologiczne, zwane również meteorami, to zjawiska występujące w atmosferze lub na powierzchni gruntu. Mogą przybierać formę opadów lub zawiesiny składających się z cząstek płynnych lub stałych. Są również meteory optyczne i elektryczne. Zjawiska są z reguły widoczne gołym okiem dla obserwatora, a w przypadku burzy są również słyszalne [Instrukcja dla stacji... 2015].

Regularne spostrzeżenia zjawisk na terenie Gorzowa pochodzą z lat 70. XIX wieku, choć nadzwyczajne zdarzenia pogodowe były wzmiankowane w kronikach miejskich i kościelnych już od XV wieku. Szczegółowe i jednorodne dane pochodzą z okresu 1966-2020, a do analizy wybrano następujące zjawiska: deszcz, śnieg, grad, burzę, mgłę, zamglenie, zmętnienie, gołoledź, szadź, zamieć, szron i rosę. Występowanie wymienionych zjawisk jest zawsze wypadkową wielu elementów meteorologicznych (m.in. temperatury i wilgotności powietrza, wiatru, zachmurzenia), z drugiej strony ich obecność wpływa na przebieg warunków pogodowych. Zbadanie zmienności zjawisk ma szczególną wartość, gdyż począwszy od 2021 r. została przerwana ich całodobowa obserwacja wskutek decyzji o redukcji obsady obserwatorów na stacji IMGW-PIB w Gorzowie. Aparatura automatyczna będąca na wyposażeniu stacji oraz metody teledetekcyjne nie są obecnie w stanie rejestrować obecności zjawisk meteorologicznych z dokładnością porównywalną z dotychczasowymi obserwacjami wizualnymi.

Zakres analizowanych danych obejmuje liczbę dni z wymienionymi zjawiskami oraz dobowy czas ich trwania (z dokładnością do dziesiątej części godziny, tj. 6 minut). Zarchiwizowane dane ponownie poddano kontroli, w wyniku której usunięto oczywiste błędy, a część danych skorygowano po weryfikacji z dziennikami meteorologicznymi i zestawieniami miesięcznymi.

Deszcz

Najczęściej występującym opadem atmosferycznym w Gorzowie jest deszcz. Pojęcie to obejmuje również mżawkę. Średnia roczna liczba dni z opadem deszczu wynosi 179 dni, co stanowi blisko połowę roku. Parametr ten wykazuje istotny statystycznie trend wzrostowy w tempie ponad 6 dni na dekadę (rys. 58). Największe tempo wzrostu obserwowane jest w miesiącach zimowych, odbywa się to kosztem spadku liczby dni z opadem śniegu. Zarysowuje się również wzrost częstości opadów deszczu w lipcu i sierpniu. Z kolei nieznaczny spadek liczby dni deszczowych pojawił się w kwietniu i wrześniu. Roczny przebieg liczby dni z opadem deszczu jest mało zróżnicowany, dwa słabo zarysowane roczne maksima pojawiają się na przełomie jesieni i zimy oraz wiosny i lata. Roczne minimum występuje w lutym; drugorzędne minimum obserwuje się w sierpniu i wrześniu. W ostatnim 55-leciu wystąpił tylko jeden miesiąc (luty 1986 r.), w którym ani razu nie odnotowano opadu deszczu, co wynikało z jego wyjątkowo mroźnego charakteru; wówczas występowały opady wyłącznie w postaci śniegu. Natomiast miesiące obfitujące w opady deszczu (powyżej 20 dni) mogą zdarzyć się w ciągu całego roku, a rekordową ich liczbę zarejestrowano w październiku 1974 r. i lutym 2020 r. – 27 dni (tab. 35). Ciekawostką są długotrwałe epizody opadów. Opady o czasie występowania ponad 24 godzin są w Gorzowie rzadkością. Najdłuższy nieprzerwany opad odnotowano w dniach 5-8 listopada 1968 r.; w czasie 57 godzin nieustannego opadu deszczu i mżawki zmierzono blisko 47 mm. Osobliwym przypadkiem był letni, długotrwały opad deszczu i mżawki 21-23 lipca 2011 r. – trwający 53 godziny epizod skutkowałam sumą opadu w wysokości 80 mm.



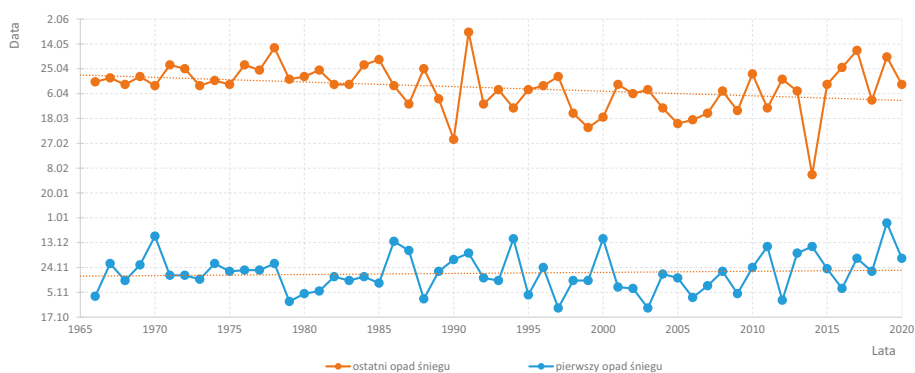
Rysunek 58. Wieloletni przebieg rocznej liczby dni z opadem deszczu i śniegu w Gorzowie w latach 1966-2020.

Tabela 35. Miesięczna i roczna liczba dni z opadem deszczu, śniegu, gradu i burzą w Gorzowie w latach 1966-2020.

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	ROK
Liczba dni z opadem deszczu													
Średnia	13,9	10,9	13,4	14,0	16,0	15,9	16,3	15,2	14,8	16,0	16,9	15,5	178,7
Trend dni/10 lat	1,6	1,0	0,4	-0,4	0,2	0,1	0,7	0,7	-0,3	0,4	0,3	1,4	6,2
Minimum	1	0	2	6	8	5	5	5	5	7	7	1	125
Rok	1972	1986	1969	2005 2007	1980 2008	2010	2006	1997	2016	1979	1984	1969	1969
Maksimum	25	27	22	21	22	24	26	23	26	27	24	26	225
Rok	2007	2020	1994	1970 1977	× 3	1971 2009	1980	2008 2010	1978	1974	× 3	2011 2018	2017
Liczba dni z opadem śniegu													
Średnia	10,9	9,5	6,5	2,3	0,1	0	0	0	0	0,2	3,4	8,1	41,0
Trend dni/10 lat	-0,1	-0,1	-0,6	-0,4	0,0	-	-	-	-	0,0	-0,4	-0,6	-2,1
Minimum	0	1	0	0	0	-	-	-	-	0	0	0	7
Rok	2020	× 3	2014 2017	× 15	× 50	-	-	-	-	× 50	× 13	1972 2015	2020
Maksimum	24	20	18	8	1	-	-	-	-	5	11	26	80
Rok	2010	1970 2013	1988	1997	× 5	-	-	-	-	1997	1985 1998	2010	2010
Liczba dni z opadem gradu													
Średnia	-	-	-	0,3	0,2	0,2	0,2	0,1	0,0	-	-	-	1,0
Trend dni/10 lat	-	-	-	0,0	0,1	0,0	0,1	0,0	0,0	-	-	-	0,2
Minimum	-	-	-	0	0	0	0	0	0	-	-	-	0
Rok	-	-	-	× 43	× 46	× 45	× 47	× 52	× 53	-	-	-	× 24
Maksimum	-	-	-	2	3	2	2	1	1	-	-	-	4
Rok	-	-	-	× 6	2005	1991	2009 2020	× 3	1982 1997	-	-	-	× 3
Liczba dni z burzą													
Średnia	0,1	0,1	0,3	1,0	4,0	4,7	5,5	4,2	1,5	0,2	0,1	0,0	21,9
Trend dni/10 lat	0,0	0,0	0,0	0,1	-0,1	-0,1	0,4	0,1	-0,2	0,0	0,0	-	0,2
Minimum	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	10
Rok	× 49	× 48	× 41	× 25	1970	× 7	1971 2006	× 3	× 11	× 45	× 51	× 54	1976
Maksimum	1	2	3	5	9	11	14	9	7	2	2	1	37
Rok	× 6	1990	1980	1990 2014	× 3	2007	2012	1996	1968	1986	1973	2013	1968

Śnieg

W praktyce obserwacji meteorologicznych za śnieg przyjmuje się opady w formie śniegu w płatkach, śniegu ziarnistego, krupy śnieżnej, pyłu diamentowego i oddzielnych gwiazdek śniegu. Średnia roczna liczba dni z opadem śniegu w ostatnim 55-leciu wyniosła 41. W wieloleciu nastąpił wyraźny spadek wartości tego parametru w tempie 2,1 dnia na dekadę (rys. 58). Skrajne wartości rocznej liczby dni ze śniegiem miały miejsce w XXI w. i wyniosły od 7 dni (2020 r.) do 80 dni (2010 r.). Opady śniegu mogą pojawiać się od października do maja. Najczęściej śnieg pada w styczniu (11 dni) i lutym (9,5 dnia), natomiast opady śniegu w maju i październiku należą do rzadkości (tab. 35). Do roku 2019 wystąpienie przynajmniej jednego dnia ze śniegiem w styczniu było pewne, ale styczeń 2020 r. jako pierwszy w historii był tych opadów pozbawiony. Najbardziej śnieżny charakter miał grudzień 2010 r., odnotowano wówczas 26 dni z opadem w postaci stałej.



Rysunek 59. Wieloletni przebieg pierwszego i ostatniego dnia wystąpienia opadów śniegu w Gorzowie w latach 1966-2020.

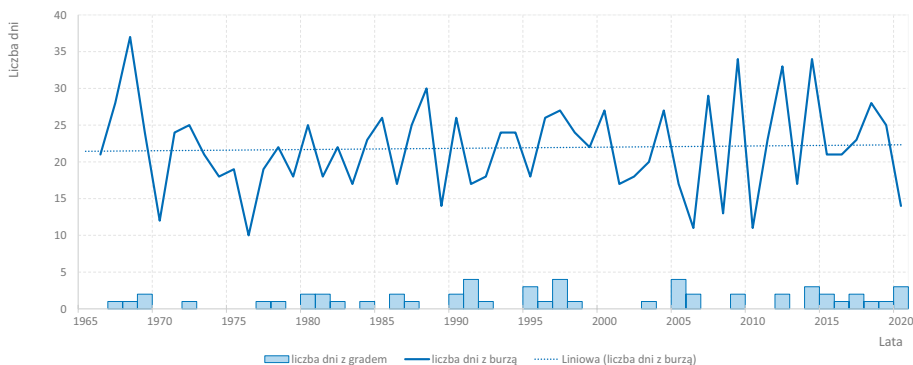
Wieloletnie zmiany opadów w postaci śniegu są widoczne również w skracającym się okresie pomiędzy pierwszym i ostatnim opadem śniegu. Ma to istotne znaczenie w funkcjonowaniu miasta i jego mieszkańców. Pierwszy opad śniegu w Gorzowie ma miejsce przeciętnie 19 listopada. Najwcześniejszy epizod odnotowano 24 października (w latach 1997 i 2003), a pierwszy opad deszczu ze śniegiem wystąpił 3 października (w 1998 r.). W ostatniej dekadzie pierwsza obserwacja śniegu przypada coraz częściej na grudzień. Najpóźniej datę pierwszego opadu śniegu odnotowano 28 grudnia 2019 r. Dla porównania, wg obserwacji w latach 1881-1930 przeciętna data pierwszego jesiennego opadu śniegu to 13 listopada; najwcześniejszy przypadek miał miejsce 4 października 1912 r., a najpóźniejszy – 17 grudnia 1929 r. [*Klimakunde...* 1939]. W ostatnim 55-leciu pierwszy w sezonie zimowym śnieg pojawia się coraz później, choć tempo zmiany jest nieznaczne – niecały 1 dzień na dekadę (wartość nieistotna statystycznie). Ostatni opad śniegu przypada przeciętnie na 10 kwietnia. Zakres zmian tego parametru jest spory: od 3 lutego (2014 r.) do 11 maja (1978 r. – ostatni opad śniegu w płatkach) i 23 maja (1991 r. – ostatni opad krupy śnieżnej). Wieloletnia zmiana terminu ostatniego opadu śniegu wskazuje na istnienie malejącego trendu istotnego statystycznie, tj. daty te przypadają coraz wcześniej, o 3,5 dnia na 10 lat (rys. 59). Zatem

na skrócenie okresu z opadem śniegu w sezonie znacznie większy wpływ miała zmiana daty ostatniego dnia z opadem śniegu. W okresie przedwojennym (1881-1930) ostatni opad śniegu przypadał przeciętnie 9 kwietnia (1 dzień wcześniej niż w ostatnim 55-leciu), a skrajne daty odnotowano 21 lutego 1923 r. i 19 maja 1900 r. [*Klimakunde...* 1939].

Grad

Opad gradu w Gorzowie jest zjawiskiem rzadkim. Analizując dane dotyczące gradu pochodzące ze stacji meteorologicznych, należy mieć na uwadze, że opad gradu jest klasyfikowany w grupie opadów lodowych razem z krupami lodowymi i ziarnami lodowymi. Nieuwzględnienie tego podziału prowadzi do nieświadomego zawyżenia częstości opadów gradu, przede wszystkim w chłodnej porze roku oraz w skali rocznej [np. *Atlas klimatu Polski* 2005; Suwała 2011; Urban 2020]. Grad bowiem pojawia się przede wszystkim w ciepłej porze roku i zwykle towarzyszy silnym burzom [*Instrukcja dla stacji...* 2015]. Stąd do dalszej analizy, w celu wyselekcjonowania przypadków gradu, zostaną wykorzystane dane opadów lodowych w okresie od kwietnia do września. Taka metoda, zastosowana m.in. przez Kołkowską i Lorenc [2012] oraz Bielec-Bąkowską [2021], pozwala na możliwie największe ograniczenie przypadków opadów krup lodowych i ziaren lodowych, a tym samym uwzględnienie największego udziału opadów w postaci gradu. W Gorzowie średnio występuje 1 dzień z opadem gradu w roku. Dla porównania, liczba dni z opadem lodowym (bez limitowania miesięcy) wynosi przeciętnie 2,9 rocznie. Stosunkowo najczęściej grad jest obserwowany w kwietniu (0,3 dnia), a następnie kolejno w maju, czerwcu i lipcu (0,2 dnia). Opad bryłek lodu w sierpniu i wrześniu występuje bardzo rzadko. Maksymalna odnotowana roczna liczba dni z gradem wyniosła 4 i wystąpiła w latach 1991, 1997 i 2005 (rys. 60).

Opad gradu miewa niszczący charakter, zwłaszcza jeśli gradziny bywają większych rozmiarów. Największa bryła gradu zmierzona na stacji w Gorzowie osiągnęła średnicę 4 cm i wystąpiła 11 czerwca 2019 r. Gradobicie tego dnia było największym w powojennej historii pomiarów stacji, a maksymalne gradziny zaobserwowane w rejonie Gorzowa osiągnęły monstralne rozmiary 10-12 cm. Wówczas były to największe gradziny, jakie zostały kiedykolwiek zaobserwowane w Polsce. Epizod ten został przybliżony w rozdziale Nadzwyczajne zjawiska pogodowe w powojennym Gorzowie. Szczególny przypadek zanotowano na stacji 13 czerwca 2020 r., kiedy to opad gradu wystąpił aż czterokrotnie.



Rysunek 60. Wieloletni przebieg rocznej liczby dni z gradem i burzą w Gorzowie w latach 1966-2020.

Burza

Za burzę uważa się zjawisko będące wizualnym lub akustycznym przejawem obecności elektryczności w atmosferze. W praktyce obserwacji meteorologicznych za początek burzy przyjmuje się moment usłyszenia pierwszego grzmotu, a za jej koniec – czas grzmotu, po którym przez 15 minut nie słychać wyładowań. Wyładowania obserwowane w postaci odległych błysków, po których nie słyszy się grzmotów, nie są traktowane jako burza. Pomimo rozwoju technik zdalnej detekcji i lokalizacji wyładowań atmosferycznych, przez cały analizowany okres notowanie zjawisk elektrycznych na stacji w Gorzowie było oparte o spostrzeżenia obserwatorów. Kryteria wyznaczania burzy na stacji są proste i jednoznaczne, a czynnikami mogącymi obniżyć wiarygodność obserwacji mogą być tzw. zanieczyszczenie hałasem wokół miejsca obserwacji (ruch uliczny, działalność przemysłowa itp.) oraz – jak przy każdym elemencie notowanym na stacjach – rzetelność obserwatora.

Średnia roczna liczba dni z burzą w Gorzowie w latach 1966-2020 wyniosła 22. To jedna z mniejszych wartości w Polsce; zjawiska burzowe jeszcze rzadsze są na Pomorzu Zachodnim i wybrzeżu Bałtyku. We wcześniejszych badaniach otrzymywano znacząco różniące się wyniki średniej rocznej liczby dni z burzą, w zależności od przyjętego okresu: 1891-1925 – 24,3 dnia [*Klimakunde...* 1939], 1946-1955 – 13,7 dnia [Stopa 1965], 1948-1965 – 16,9 dnia [Prawdziej 1970], 1951-2018 – 20,4 dnia [Bielec-Bąkowska i in. 2021]. Badania Stopy [1965] były oparte na zaledwie 10-letnim okresie obserwacyjnym, a autorka na podstawie danych ze stacji w Gorzowie wydzieliła dodatkowy region burzowy – warciańsko-notecki z najmniejszą (obok wybrzeża) roczną liczbą dni burzowych w Polsce, określając go mianem „wyspy gorzowskiej”. W ostatnim 55-leciu obserwowano dużą zmienność liczby dni z burzą z roku na rok (rys. 60). Skrajne wartości wahają się od 10 dni w roku 1976 do 37 dni w roku 1968, a wieloletni trend jest niemal zerowy (+0,2 dnia na dekadę – wartość nieistotna statystycznie). Średni roczny czas trwania burz obserwowanych w Gorzowie wynosi 33 godziny, przy czym wartość ta cechuje się ujemnym trendem wieloletnim (–1,8 godziny na 10 lat – wartość nieistotna statystycznie). Podsumowując wieloletnie zmiany zjawisk burzowych w Gorzowie, przy stosunkowo wyrównanym przebiegu rocznej liczby dni z burzą obserwuje się nieznaczne skracanie średniego czasu trwania tego zjawiska, przy uwzględnieniu braku istotności statystycznej obu zmiennych.

Burze obserwuje się najczęściej od maja do sierpnia, z maksimum w lipcu – średnio 5,5 dnia z burzą (tab. 35). Rekordowo burzowym miesiącem był lipiec 2012 r. z 14 dniami z tym zjawiskiem. Najmniejsza szansa na burzę występuje od października do marca (poniżej 1 dnia), a szczególnie rzadko wyładowania atmosferyczne mają miejsce w grudniu; grudniową burzę odnotowano tylko raz – w roku 2023.

Analizę dobowego przebiegu występowania burz w Gorzowie przeprowadzili Sobisiak [2020] i Buczkowska [2021] na podstawie danych z lat odpowiednio 2000-2019 i 1971-2020. Z badań tych wynika, że największa aktywność burzowa występuje od godzin południowych do późnowieczornych, a kulminacja przypada na godziny 17-18. Najrzadziej zjawiska burzowe są notowane w godzinach nocnych, porannych i przedpołudniowych, a dobowe minimum przypada na godz. 10-11. Dodatkowo, Buczkowska [2021] dowiodła, że w latach 2000-2020 największa liczba burz nadciągała nad Gorzów z zachodu (24%) i południowego zachodu (19%), zaś najmniejsza – ze wschodu (4%).

Z zapisów w dziennikach meteorologicznych z ostatniego 55-lecia wynika, że najdłuższa burza wystąpiła po południu i wieczorem 7 czerwca 1998 r., od pierwszego do ostatniego usłyszanego grzmotu minęło aż 7,5 godziny. Jeszcze dłuższy epizod burzowy uwzględniając błyskawicę bez słyszalnego grzmotu miał miejsce

11 czerwca 2000 r., wówczas grzmoty łącznie z odległymi błyskawicami były notowane przez 8,1 godz. W paśmie gorzowianin zapewne pozostają wyjątkowo uciążliwe wieczorne i nocne burze z 8/9 sierpnia 1977 r. (burza trwała 6,3 godziny z rekordową sumą opadu 77,4 mm) i 14/15 maja 1997 r. (grzmoty i błyskawice z niewielkimi przerwami trwały ponad 14 godzin, a suma opadów sięgnęła 89,9 mm). Osobliwością pogodową była burza zanotowana 11 marca 1971 r. przy temperaturze powietrza -2°C ; była to najniższa temperatura, przy której obserwowano wyładowania atmosferyczne w Gorzowie.

Mgła

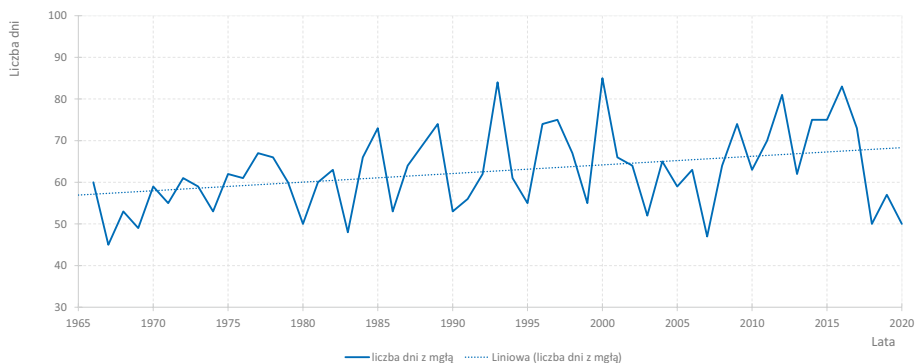
Mgła to zawiesina drobnych kropelek wody w powietrzu, ograniczająca widzialność poniżej 1000 m na poziomie oczu człowieka. Mgła jest uznawana za zjawisko niebezpieczne, może powodować utrudnienia w transporcie, zwłaszcza drogowym i lotniczym. Zawiesina, jeśli występuje w warunkach pogody bezwietrznej w sezonie grzewczym, przyczynia się do koncentracji cząstek stałych zanieczyszczających powietrze. Na tle kraju Gorzów leży w regionie o wzmożonej częstotliwości występowania mgły, co potwierdziły badania Lorenc i Myszy [2012] oraz Bokwy z zespołem [2021]. Uprzywilejowanie miasta w zakresie częstości mgieł wynika m.in. z obecności szerokiej i podmokłej doliny z rzeką Wartą, krawędzi wysoczyzny oraz sąsiedztwa dużych kompleksów leśnych. W mieście istnieje duże zróżnicowanie przestrzenne rozkładu mgieł, o którym więcej będzie w rozdziale Osobliwości pogody i klimatu w rejonie Gorzowa.

Średnia roczna liczba dni z mgłą w latach 1966-2020 wynosiła w Gorzowie blisko 63. Uzupełniając, średnia roczna wartość tego parametru w wieloleciu 1948-1965 osiągnęła zaledwie 38,4 dnia [Prawdzic 1970], a na początku prowadzonych w mieście obserwacji (1875-1883) liczba ta wyniosła tylko 34 dni [Kewitsch 1884]. W analizowanym 55-leciu zaznaczył się trend rosnący istotny statystycznie o wartości 2 dni na dekadę. To jedna z wyższych wartości przyrostu w Polsce, a na większości pozostałych stacji rysują się tendencje spadkowe lub zerowe [Bokwa i in. 2021]. Dalsze badania poszerzono o dobowy czas trwania zjawiska. Z analizy tej wynika, że pomimo coraz większej liczby epizodów mgły są one coraz krótsze. Średni czas trwania pojedynczego epizodu mgły (obliczony jako iloraz rocznej sumy czasu trwania do liczby dni z mgłą) wyniósł 5,5 godziny na dobę, a tempo spadku (istotne statystycznie) sięgnęło 24 minut na dekadę. Najrzadziej mgła występowała w roku 1967 (45 dni) i 2007 (47 dni), z kolei największą częstość zjawiska odnotowano w roku 2000 (85 dni) i 1993 (84 dni). Od 2018 r. mgła pojawiała się rzadziej (50-57 dni rocznie), jednak to zbyt krótki okres, by móc mówić o trwałej tendencji (rys. 61).

W przebiegu rocznym liczby dni z mgłą rysuje się wyraźna cykliczność. Najwięcej mgieł występuje w półroczu chłodnym, z maksimum w listopadzie (średnio ponad 10 dni). Miesiąc ten cechuje się także najwyższym tempem wzrostu liczby dni mgłą (1,3 dnia na dekadę – wartość nieistotna statystycznie). Z kolei najmniej mgieł pojawia się w półroczu ciepłym, roczne minimum przypada na czerwiec (tab. 36).

Najbardziej uciążliwe są mgły gęste oraz długotrwałe. Mgły o co najmniej całodobowym okresie zalegania zdarzają się przeciętnie 1-3 razy w roku. Najdłużej nieprzerwanie trwająca mgła na stacji w Gorzowie została odnotowana w dniach 2-5 listopada 1993 r. – 83 godziny i 5 minut. Był to jeden z najdłuższych epizodów mgły na stacjach Polski nizinnej. Przypadek ten był o tyle niezwykły, że aż przez 52 godziny notowano mgłę o bardzo silnym natężeniu z widzialnością poniżej 50 m. Z kolei najgęstszą mgłą zaobserwowano 22 września 1993 r., wówczas o godz. 7 widzialność wyniosła zaledwie 10 m. Wyjątkowe zjawisko miało miejsce w dniach 6-7 stycz-

nia 1985 r., odnotowano wówczas mgłą osadzającą szadź przy silnym mrozie (od -22°C do -20°C). W warunkach tak niskiej temperatury powietrza mgła występowała przy wilgotności względnej zaledwie 75-85%.



Rysunek 61. Wieloletni przebieg rocznej liczby dni z mgłą w Gorzowie w latach 1966-2020.

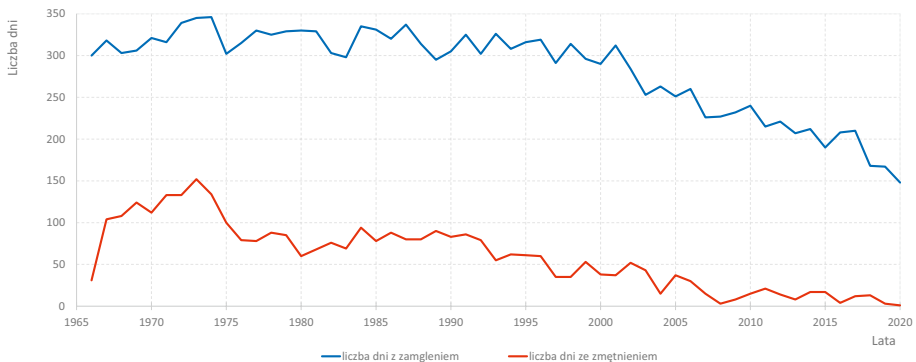
Tabela 36. Miesięczna i roczna liczby dni z mgłą, zamgleniem i zmętnieniem w Gorzowie w latach 1966-2020.

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Rok
Liczba dni z mgłą													
Średnia	9,0	5,7	4,5	2,5	2,1	1,2	1,5	2,7	4,8	8,8	10,4	9,6	62,7
Trend dni/10 lat	-0,2	-0,3	0,3	-0,2	0,1	0,2	0,1	0,3	0,0	0,0	1,3	0,5	2,1
Minimum	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	0	5	45
Rok	2007	1995	2002 2008	× 8	× 11	× 23	× 17	× 8	× 6	1991	1973	× 5	1967
Maksimum	19	14	11	8	8	6	7	11	11	16	18	16	85
Rok	1973	1993	1985 1991	1986	2010	2016	1979	2012	1968 1998	1977	× 3	1982 1997	2000
Liczba dni z zamgleniem													
Średnia	28,5	25,4	26,4	21,2	18,1	17,2	18,6	20,0	24,0	27,7	27,7	28,4	283,1
Trend dni/10 lat	-1,2	-1,3	-1,6	-3,1	-3,6	-3,4	-3,7	-3,1	-3,1	-1,3	-0,6	-1,4	-27,4
Minimum	13	11	13	1	4	3	3	3	5	18	21	17	148
Rok	2007	2020	2020	2020	2018 2020	× 3	2010	2018 2020	2018	2018	2013	2015	2020
Maksimum	31	29	31	30	29	30	31	31	30	31	30	31	346
Rok	× 21	× 5	× 5	1986	× 3	1974 1987	× 3	1974	× 10	× 10	× 14	× 20	1974
Liczba dni ze zmętnieniem													
Średnia	1,7	4,6	9,3	8,0	4,7	4,0	4,9	6,6	6,4	6,0	2,0	0,9	59,2
Trend dni/10 lat	-0,5	-0,6	-2,3	-2,5	-2,4	-2,0	-2,7	-3,0	-2,8	-1,7	-1,0	-0,4	-22,0
Minimum	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Rok	× 23	× 3	× 3	× 6	× 17	× 16	× 19	× 15	× 13	× 5	× 22	× 30	2020
Maksimum	10	13	30	18	18	13	19	20	19	16	14	8	152
Rok	1971	1986	1974	1984	1979	× 3	1970 1973	1971 1973	1973	1987	1967	1972	1973

Zamglenie

Mianem zamglenia określa się zawiesinę bardzo drobnych kropelek wody, ograniczającą widzialność poniżej 10 km, ale nie mniej niż 1 km. W praktyce obserwacji przyjmuje się, że zawiesina jest notowana przy wilgotności względnej co najmniej 70%. Zjawisko nie jest niebezpieczne, nie powoduje istotnych konsekwencji, z tego względu klimatolodzy rzadko podejmują jego analizę. W jednej z niewielu prac [Atlas klimatu Polski 2005] rejon Gorzowa znajduje się w strefie o największej częstotliwości zamglenia w Polsce. Częściej zjawisko jest notowane jedynie w Słubicach, Lesznie i Pile. Przebieg wieloletnich zmian występowania zamglenia (ze zmętnieniem) może posłużyć jako orientacyjny wskaźnik przejrzystości przyziemnej warstwy atmosfery i koncentracji aerozoli w powietrzu.

Średnia roczna liczba dni z zamgleniem w Gorzowie wynosi 283, lecz z uwagi na znaczne zmiany tego parametru w wieloleciu, jest to wartość mało obrazująca rzeczywistość. Do końca XX w. zamglenie pojawiało się średnio przez 300-340 dni (maksymalnie 346 dni w 1974 r.). Na początku XXI wieku został zapoczątkowany gwałtowny i systematyczny spadek częstotliwości tego zjawiska aż do minimum zaledwie 148 dni w 2020 r. (rys. 62). Trend spadkowy rocznej liczby dni z zamgleniem wynosi ponad 27 dni na dekadę. Trendy malejące występują w każdym z miesięcy, ale największe tempo spadku dotyczy półrocza ciepłego (tab. 36). W przebiegu rocznym liczby dni z zamgleniem minimum występuje w maju i czerwcu (17-18 dni), a maksimum w styczniu i grudniu (ponad 28 dni).



Rysunek 62. Wieloletni przebieg rocznej liczby dni z zamgleniem i zmętnieniem w Gorzowie w latach 1966-2020.

Coraz radsze występowanie zamglenia w Gorzowie jest widoczne również w dużym zmniejszeniu czasu trwania zamglenia (w godzinach). Do końca XX w. charakterystyczne były długotrwałe epizody zamglenia, trwające bez przerwy nawet po kilka miesięcy, a czas zalegania zawiesiny obejmował 40-60% roku. Od początku XXI w. wielodniowe okresy z zamgleniem zaczęły ograniczać się do półrocza chłodnego; w miesiącach półrocza ciepłego zaczęły przeważać dni bez zamglenia, a zjawisko coraz częściej ograniczało się do kilkugodzinnych epizodów w godzinach nocnych i porannych. W roku 2020 czas zalegania zamglenia objął zaledwie 15% roku.

Zmętnienie

Notowane na stacjach meteorologicznych zmętnienie opalizujące to zawiesina drobnych, niewidocznych gołym okiem cząsteczek, które nadają powietrzu wygląd mętny, o lekkim odcieniu barw tęczy. Do wyznaczenia zmętnienia stosuje się pomocniczo kryterium wilgotności względnej poniżej 70%. Podobnie jak zamglenie, zmętnienie nie jest zjawiskiem groźnym, choć przy silniejszym natężeniu może powodować osłabienie natężenia bezpośredniego promieniowania słonecznego docierającego do powierzchni ziemi. Jedną z wielu analiz przestrzennych tego zjawiska wykonali autorzy *Atlasu klimatu Polski* [2005] – wyniki wskazują na istnienie obszaru o znacznie zwiększonej częstości zmętnienia rozciągającego się od Gorzowa i Słubic przez Poznań po Leszno. Bliższe przyjrzenie się danym pochodzącym ze stacji meteorologicznych w Polsce może wskazywać na niejednorodność materiału obserwacyjnego, wynikającą z różnic metodycznych między stacjami w identyfikacji zmętnienia i określania widzialności. Niemniej kierunki wieloletniego trendu częstości zmętnienia na wszystkich stacjach są zbieżne.

Przeciętnie rocznie notowanych jest 59 dni ze zmętnieniem. Obecność zawiesiny cechuje się największą zmiennością wieloletnią spośród wszystkich zjawisk meteorologicznych. Do połowy lat 70. (oprócz 1966 r.) zmętnienie występowało przez 100-130 dni w roku, z kulminacją w roku 1973 (152 dni). Przez kolejne dwa dziesięciolecia zawiesinę obserwowano przez 60-90 dni w roku. Początek XXI w. przyniósł dalszy szybki spadek rocznej liczby dni ze zmętnieniem, od 2005 r. liczba ta już nie przekraczała 30. Rekordowe minimum odnotowano w 2020 r. – zaobserwowano zaledwie 1 dzień ze zmętnieniem (rys. 62). Obliczenia statystyczne wskazują na istnienie wyraźnego trendu spadkowego (istotnego statystycznie) rocznej liczby dni ze zmętnieniem o wartości 22 dni na 10 lat.

W przebiegu rocznym zmętnienie najczęściej obserwowane jest w marcu i kwietniu (średnio 8-9 dni) z drugorzędym maksimum od sierpnia do października. Od listopada do stycznia liczba dni ze zmętnieniem w powietrzu sięga zaledwie 1-2 dni miesięcznie (tab. 36), co jest spowodowane wysoką wilgotnością powietrza.

Spadek częstości zawiesin w powietrzu w ostatnim półwieczu jest dobrze widoczny na rysunku 62. Coraz mniejsza liczba dni z zamgleniem i zmętnieniem przekłada się na coraz większą przejrzystość w przyziemnej warstwie powietrza i wyższymi wartościami widzialności poziomej notowanej na stacji w Gorzowie. O ile w ubiegłym stuleciu dni z zawiesiną ograniczającą widzialność poniżej 10 km stanowiły 80-95% roku, o tyle pod koniec drugiej dekady XXI w. dni takie stanowiły już poniżej 50% roku. Przyczyn tego zjawiska można upatrywać m.in. w malejącej emisji zanieczyszczeń ze źródeł przemysłowych i z gospodarstw domowych. W latach 90. Gorzów przeżył upadek wielu zakładów przemysłowych będących dużymi emitarami zanieczyszczeń, a te, które pozostały znacznie ograniczyły produkcję pyłów. Jedną z konsekwencji coraz mniejszej liczby epizodów zamglenia i zmętnienia są rosnące wartości rocznego usłonecznienia. Spadkowe tendencje obecności zawiesin w powietrzu obserwowane są również na innych stacjach w Polsce.

Gołoledź

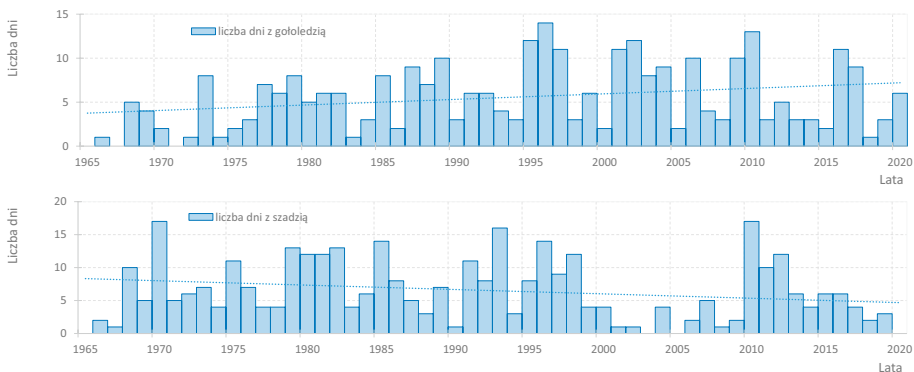
Jednym z bardziej niebezpiecznych zjawisk meteorologicznych występujących w Polsce jest gołoledź, czyli osad lodu powstający wskutek zamarzania przechłodzonych kropeł deszczu lub mżawki na podłożu i wszelkich eksponowanych powierzchniach. Gołoledź zazwyczaj tworzy gładką i przezroczystą warstwę, która utrudnia,

a nawet może paraliżować funkcjonowanie transportu drogowego, kolejowego i lotniczego. Grubszy osad lodu może niszczyć obiekty infrastruktury (np. linie przesyłowe) oraz powodować szkody w sadach i lasach. W warunkach klimatu Polski gołoledź powstaje najczęściej przy temperaturze powietrza od -2 do 0°C , w sytuacjach, gdy po okresie mrozów nadiągający front ciepły przynosi opady deszczu, którego krople zamarzają na wychłodzonych powierzchniach.

W Gorzowie średnio w roku notuje się 5,5 dnia z gołoledzią. Na tle kraju to jedna z wyższych wartości. W ostatnim 55-leciu można zauważyć wzrost rocznej liczby dni z gołoledzią (rys. 63), tempo zmian jest istotne statystycznie i wynosi 0,6 dnia w ciągu 10 lat. Jedną z przyczyną rosnącej liczby z lodowym osadem jest ocieplanie się zim, w szczególności zaś malejąca liczba dni mroźnych i bardzo mroźnych na rzecz dni, w których temperatura oscyluje lub przechodzi przez 0°C . Rokiem, który najbardziej obfitował w ten rodzaj osadu był 1996 (14 dni), zaś w pierwszym 10-leciu analizowanego okresu wystąpiły dwa lata bez gołoledzi.

W przebiegu rocznym maksimum liczby dni z gołoledzią notuje się w styczniu i grudniu (odpowiednio 2,3 i 1,8 dnia). Poza tym tylko w lutym wartość ta zbliża się do jednego dnia, w pozostałych miesiącach (październik, listopad, marzec) opady marznące występują sporadycznie (tab. 37). Najwcześniejszy w sezonie chłodnym przypadek gołoledzi wystąpił 17 października 1976 r., natomiast najpóźniejszy taki epizod zdarzył się 27 marca 1996 r.

Z reguły gołoledź nie trwa dłużej niż dobę. Najdłuższe epizody osadu trwały kilka dni, a rekordowa gołoledź zalegała przez 6 dni (8-13 grudnia 1996 r.). Oprócz opisanych wcześniej typowych sytuacji pogodowych, w których gołoledź poprzedza nadejście odwilży, zdarzają się sporadyczne epizody, kiedy opad marznący występuje przy temperaturze znacznie poniżej 0°C . Niezwykły przypadek gołoledzi w Gorzowie odnotowano 20 stycznia 2006 r., kiedy marznący deszcz miał miejsce przy temperaturze powietrza blisko -9°C . Z kolei opady marznącej mżawki powodującej gołoledź obserwowano kilkakrotnie przy temperaturze powietrza nawet -7°C , -8°C , m.in. 21 stycznia 1987 r., 27 listopada 1989 r., 1 stycznia 2009 r., 13 stycznia 2010 r. Niektóre z przypadków opadów marznącej mżawki notowanych na stacji w Gorzowie mają wyraźnie lokalny charakter i są spowodowane działalnością człowieka (por. rozdział Osobliwości pogody i klimatu w rejonie Gorzowa).



Rysunek 63. Wieloletni przebieg rocznej liczby dni z gołoledzią i szadzią w Gorzowie w latach 1966-2020.

Tabela 37. Miesięczna i roczna liczba dni z gołoledzią, szadzią, zamiecią śnieżną, szronem i rosą w Gorzowie w latach 1966-2020.

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	ROK
Liczba dni z gołoledzią													
Średnia	2,3	0,8	0,1	0	0	0	0	0	0	0,0	0,4	1,8	5,5
Trend dni/10 lat	0,4	0,0	0,0	-	-	-	-	-	-	-	-0,1	0,2	0,6
Minimum	0	0	0	-	-	-	-	-	-	0	0	0	0
Rok	× 17	× 26	× 52	-	-	-	-	-	-	× 54	× 40	× 17	1967 1971
Maksimum	8	4	2	-	-	-	-	-	-	1	2	7	14
Rok	2010	1968 2007	× 3	-	-	-	-	-	-	1976	× 8	1996	1996
Liczba dni z szadzią													
Średnia	2,7	0,9	0,3	0,0	0	0	0	0	0	0,0	0,5	2,0	6,5
Trend dni/10 lat	-0,5	-0,2	-0,1	-	-	-	-	-	-	-	0,0	0,0	-0,7
Minimum	0	0	0	0	-	-	-	-	-	0	0	0	0
Rok	× 15	× 30	× 47	× 54	-	-	-	-	-	× 54	× 42	× 22	× 3
Maksimum	11	7	5	1	-	-	-	-	-	1	6	10	17
Rok	1970	1979	1970	1986	-	-	-	-	-	2012	1993	1996 2010	1970 2010
Liczba dni z zamiecią śnieżną													
Średnia	0,9	0,8	0,3	0,1	0	0	0	0	0	0	0,2	0,8	3,0
Trend dni/10 lat	-0,2	-0,2	-0,1	0,0	-	-	-	-	-	-	-0,1	-0,1	-0,8
Minimum	0	0	0	0	-	-	-	-	-	-	0	0	0
Rok	× 40	× 39	× 46	× 53	-	-	-	-	-	-	× 48	× 40	× 22
Maksimum	11	10	4	2	-	-	-	-	-	-	3	8	23
Rok	1979	1979	1969	1986	-	-	-	-	-	-	1985	2010	1979
Liczba dni ze szronem													
Średnia	3,8	5,3	5,5	2,8	0,1	0	0	0	0,1	2,1	5,5	5,6	31,0
Trend dni/10 lat	0,2	0,1	0,4	-0,7	-0,1	-	-	-	-0,1	-0,2	-0,6	0,2	-0,9
Minimum	0	0	0	0	0	-	-	-	0	0	0	0	13
Rok	× 12	× 6	1968 2002	× 11	× 48	-	-	-	× 52	× 19	1977 1998	× 6	1993
Maksimum	14	21	15	11	2	-	-	-	2	13	16	20	57
Rok	1991	1982	2011	1981	1980	-	-	-	1966 1970	2003	1995	1972	1972
Liczba dni z rosą													
Średnia	0,4	0,4	2,7	10,7	13,3	12,2	13,4	16,1	18,5	14,7	5,1	1,2	108,8
Trend dni/10 lat	0,2	0,2	0,2	1,2	0,7	0,6	0,8	0,5	0,1	-0,1	0,8	0,7	5,9
Minimum	0	0	0	2	2	0	0	6	10	1	0	0	65
Rok	× 46	× 47	× 20	1995	1971	2011	1976	1992	2018	2016	× 7	× 33	1989 2003
Maksimum	8	5	11	22	25	22	25	26	26	23	16	16	159
Rok	2020	2019	2007 2012	1994 2009	1995	2010	2013	2011	× 4	1967 1994	2019	2020	2020

Szadź

Osad lodu, który powstaje w wyniku zamarzania przechłodzonych kropelek mgły lub gęstego zamglenia na przedmiotach nazywa się szadzią. Zjawisko nadaje drzewom i krzewom małowiczny wygląd. Jeśli jednak szadź osiągnie silne natężenie, bywa zjawiskiem niebezpiecznym. Pod ciężarem lodowego osadu uszkodzeniu

może ulegać wrażliwa infrastruktura, zwłaszcza napowietrzne linie energetyczne i telekomunikacyjne. Czas trwania szadzi, podobnie jak przy gołoledzi, obejmuje zarówno fazę narastania, jak i zalegania. Przy sprzyjających warunkach szadz może zalegać nawet kilka dni.

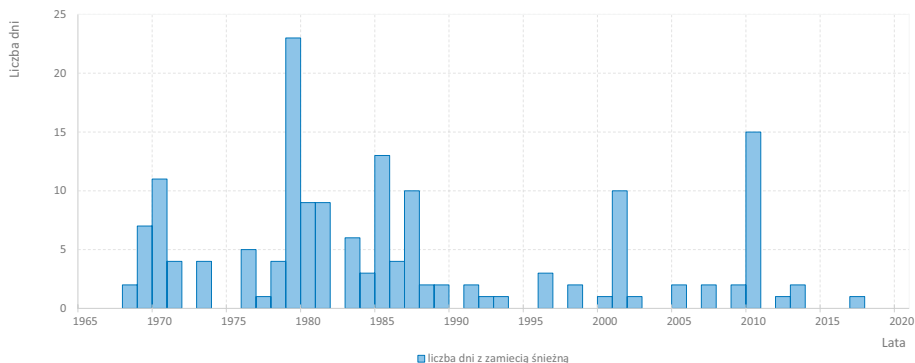
Średnia roczna liczba dni z szadzią w Gorzowie wynosi 6,5. To jedna z wyższych wartości w Polsce, a uprzywilejowanie miasta wynika z relatywnie dużej częstości występowania mgieł w sezonie zimowym. Duży wpływ na występowanie szadzi, podobnie jak mgły, mają zatem warunki lokalne. Wieloletni przebieg rocznej liczby dni z szadzią cechuje się malejącym trendem o wartości 0,7 dnia na 10 lat i nie jest to zmiana istotna statystycznie (rys. 63). Wynika to przede wszystkim z coraz cieplejszych zim, w tym spadku liczby dni mroźnych. W XXI w. zaczęły występować lata, w których w ogóle nie obserwowano szadzi (2003, 2005, 2020).

Najczęściej szadz pojawia się w styczniu i grudniu (odpowiednio: 2,7 i 2,0 dni). W ostatnim 55-leciu szadz przeciętnie najdłużej zalegała w styczniu 1970 r. (11 dni) oraz grudniu 1996 i 2010 r. (po 10 dni). W pozostałych miesiącach zjawisko występuje epizodycznie (tab. 37). Najwcześniej osadzanie szadzi odnotowano 29 października (2012 r.), a najpóźniej – 13 kwietnia (1986 r.). Najdłuższy epizod nieprzerwanie występującej szadzi trwał 6 dni i wystąpił w 6-11 stycznia 1985 r. Jedną z intensywniejszych postaci szadzi odnotowano 20 stycznia 2019 r., wówczas grubość osadu wyniosła 1,5 cm.

Zamieć śnieżna

Zamieć śnieżna to zjawisko polegające na podrywaniu zalegających na gruncie cząstek śniegu i ich przemieszczaniu przez dostatecznie silny wiatr. Zamieć śnieżna może powodować poważne utrudnienia w transporcie drogowym i kolejowym poprzez zasypywanie śniegiem szlaków komunikacyjnych oraz tworzenie się zasp śnieżnych. Przy sprzyjających warunkach, tj. zalegającym suchym śniegu i silnym wietrze, zamieć może znacząco ograniczać widzialność. Zjawisko może występować niezależnie od padającego śniegu, a także przy słonecznej pogodzie. Na stacjach meteorologicznych wyróżnia się dwa rodzaje zamieci śnieżnej – niską i wysoką. W czasie tej drugiej śnieg jest podrywany na wysokość powyżej oczu człowieka. W dalszym opisie uwzględniono łącznie oba rodzaje zamieci. W badaniach klimatologicznych niezmiernie rzadko podejmuje się temat zamieci. Częstość notowania tego zjawiska jest uzależniona m.in. od charakteru okolicy stacji meteorologicznej – zamiecie częściej obserwowane są na stacjach położonych na otwartych przestrzeniach, a rzadziej w rejonach zabudowanych i zadrzewionych. W jednej z nielicznych analiz występowania zamieci w Polsce wskazano, że Gorzów należy do miast, gdzie zjawisko to jest obserwowane stosunkowo najrzadziej w skali kraju [*Atlas klimatu Polski* 2005].

Zamieć w Gorzowie występuje przeciętnie przez 3 dni w roku. Wartość ta jest bardzo zmienna z roku na roku, a maksymalne wartości odnotowano w 1979 r. (23 dni) i 2010 r. (15 dni). Od lat 90. XX w. coraz częściej występują lata bez zamieci (rys. 64). Wynika to przede wszystkim z malejącej w ostatnim 55-leciu liczby dni z opadem śniegu i pokrywą śnieżną oraz z rosnącej temperatury powietrza zimą. Trend spadkowy jest istotny statystycznie i wynosi $-0,8$ dnia na 10 lat.



Rysunek 64. Wieloletni przebieg rocznej liczby dni z zamięcią śnieżną w Gorzowie w latach 1966-2020.

W przebiegu rocznym zamiecie śnieżne są notowane głównie od grudnia do lutego (niespełna 1 dzień w miesiącu). W listopadzie oraz marcu i kwietniu zjawiska te są sporadyczne (tab. 37). Najwcześniejszą zamieć śnieżną zaobserwowano 17 listopada 1984 r., natomiast najpóźniejszą – 11 kwietnia 1986 r. Jedne z najbardziej uciążliwych przypadków tego zjawiska odnotowano 12 i 15 stycznia 1987 r., wówczas umiarkowany i dość silny wiatr podrywał zalegający śnieg przy temperaturze powietrza dochodzącej do -19°C . Z kolei najdłużej trwający epizod zamieci wystąpił 13-18 lutego 1979 r. (łącznie 112 godzin) – pokrywa śnieżna osiągnęła wtedy wysokość 16-22 cm, a w zaspach było wielokrotnie więcej.

Szron

Szronem nazywa się osad lodu na przedmiotach, głównie na powierzchniach poziomych w pobliżu gruntu, mający przeważnie wygląd krystaliczny i przybierający formę łusek, igieł, piór, wachlarzy itp. Szron tworzy się w ujemnej temperaturze powietrza w wyniku resublimacji, najczęściej gdy przy rozpozodonym niebie i małej prędkości wiatru dochodzi do wychłodzenia gruntu. Częstość występowania tego osadu jest uzależniona od warunków lokalnych – rzadziej pojawia się na wzniesieniach, a częściej we wklęsłych formach terenu z wilgotnym podłożem, gdzie szybciej dochodzi do wychłodzenia gruntu i resublimacji pary wodnej (np. doliny rzeczne). Z tego powodu liczba dni ze szronem na stacji meteorologicznej w Gorzowie, położonej na wysoczyźnie, jest jedną z mniejszych w Polsce.

Rocznie w Gorzowie notuje się średnio 31 dni ze szronem. Obserwowany jest ujemny trend (nieistotny statystycznie) o wielkości $-0,9$ dnia na dekadę. Każdego roku występuje co najmniej kilkanaście dni z tym osadem (minimum 13 dni w roku 1993), a w rekordowym 1972 r. było ich 57 (rys. 65).

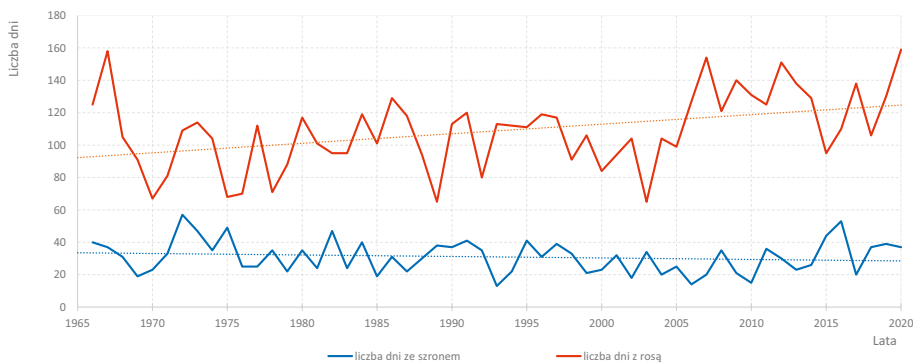
Pierwszy szron w chłodnej części roku pojawia się przeciętnie w październiku, najwcześniejszy przypadek odnotowano już 14 września (1973 r.). Listopad i grudzień oraz luty i marzec to miesiące o największej częstotliwości szronu (ok. 5,5 dnia w miesiącu). Przejściowy spadek liczby dni z lodowym osadem w styczniu (tab. 37), najchłodniejszym miesiącu roku, wynika z nieco mniej korzystnych warunków do jego powstania, tj. dużego zachmurzenia i większej częstości opadów. Średnio ostatni przypadek szronu występuje w kwietniu, a sporadycznie obserwowany był jeszcze w maju, najpóźniejszy miał miejsce 23 maja 1980 r.

Rosa

Rosa to osad kropelek wody na przedmiotach, powstały wskutek kondensacji pary wodnej. Rosa, podobnie jak szron, pojawia się przeważnie w pobliżu podłoża, najczęściej w wyniku nocnego wypromieniowania ciepła (rosa radiacyjna), a sporadycznie także w wyniku gwałtownego napływu ciepłego powietrza (rosa adwekcyjna). Jej występowaniu sprzyjają doliny, kotliny i tereny wilgotne, stąd na stacji w Gorzowie, wyniesionej kilkadziesiąt metrów ponad dno doliny Warty, częstota rosy jest jedną z mniejszych w Polsce. Obecność osadu kropelek wody ma swój udział w powiększaniu przychodu wilgoci w glebie i nawodnieniu roślin, zwłaszcza podczas dłuższych okresów bezopadowych.

W ciągu roku obserwowanych jest średnio 109 dni z rosą. W przebiegu wieloletnim zarysowuje się tendencja wzrostowa (trend istotny statystycznie), a dekadowe tempo wzrostu osiąga wartość blisko 6 dni. Wahania rocznej liczby dni z rosą są znaczne i wynosiły od 65 dni (rok 1989 i 2003) do 159 dni w ostatnim roku analizowanego okresu (rys. 65).

Rosa może wystąpić w każdym miesiącu, ale najczęściej pojawia się od kwietnia do października (ponad 10 dni miesięcznie) z maksimum we wrześniu (18,5 dnia). Zimą osad kropelek wody występuje rzadko (1 dzień i mniej), przy czym w ciepłych miesiącach zimowych liczba dni z rosą może być równa miesiącom letnim, jak np. w ciepłym styczniu 2020 r. (8 dni z rosą) oraz ciepłym grudniu 2020 r. (rekordowe 16 dni z rosą). Zaskakujący był lipiec 1976 r., kiedy nie odnotowano ani jednego przypadku rosy (tab. 37).



Rysunek 65. Wieloletni przebieg rocznej liczby dni ze szronem i rosą w Gorzowie w latach 1966-2020.

Bioklimat Gorzowa

Badaniem wpływu poszczególnych elementów klimatu i jego ogólnego wpływu na życie człowieka zajmuje się nauka zwana bioklimatologią człowieka [Słownik Meteorologiczny 2003]. Na nasz organizm – poprzez skórę, drogi oddechowe, układ nerwowy i narządy zmysłów – oddziałuje szereg bodźców atmosferycznych. Największy wpływ na samopoczucie człowieka (zarówno pozytywny, jak i negatywny) mają bodźce fizyczne: promieniowanie słoneczne, temperatura i wilgotność powietrza, wiatr, ciśnienie, elektryczność atmosfery, efekty akustyczne [Błażejczyk, Kunert 2011]. Badania bioklimatu Polski Kozłowskiej-Szczęsnej i in. [1997] w za-

kresie natężenia bodźców atmosferycznych wskazują, że Gorzów leży w strefie bioklimatu słabo bodźcowego z wpływem bioklimatu terenów leśnych o cechach oszczędzających. Region charakteryzuje się najmniejszą w kraju frekwencją dni uciążliwych dla człowieka (poniżej 20%).

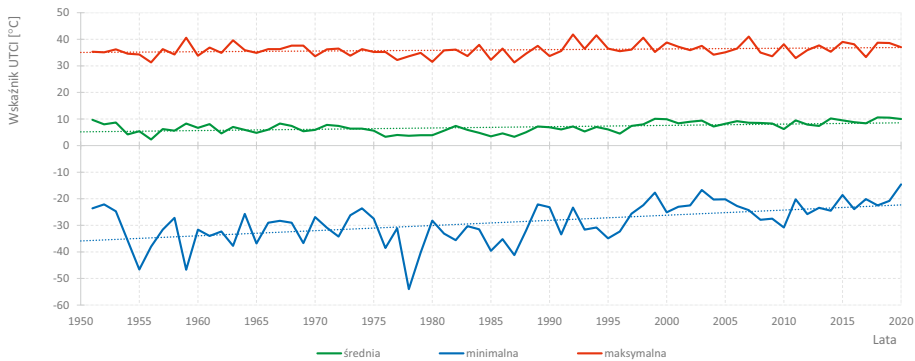
W poprzednich rozdziałach omówiono już kilka wskaźników charakteryzujących warunki bioklimatyczne, jak np. liczba dni upalnych, liczba dni bardzo mroźnych, liczba dni parnych, liczba dni z wiatrem silnym itp. Były to parametry opierające się na jednym elemencie meteorologicznych. Do kompleksowej oceny warunków bioklimatycznych Gorzowa wybrano wskaźnik obciążeń cieplnych UTCI [Błażejczyk i in. 2010]. Parametr UTCI (ang. Universal Thermal Climate Index) jest definiowany jako temperatura powietrza, przy której w warunkach referencyjnych podstawowe parametry fizjologiczne organizmu przyjmują takie same wartości jak w warunkach rzeczywistych. Do jego obliczenia wykorzystuje się m.in. temperaturę powietrza, zawartość pary wodnej, prędkość wiatru, promieniowanie oraz szereg parametrów fizjologicznych pozwalających przeprowadzić analizę bilansu cieplnego człowieka. Wskaźnik UTCI jest miarą obciążeń cieplnych wg następującej skali: nieznośny stres zimna ($< -40^{\circ}\text{C}$), bardzo silny stres zimna (od -40 do -27°C), silny stres zimna (od -27 do -13°C), umiarkowany stres zimna (od -13 do 0°C), łagodny stres zimna (od 0 do 9°C), brak obciążeń cieplnych (od 9 do 26°C), umiarkowany stres ciepła (od 26 do 32°C), silny stres ciepła (od 32 do 38°C), bardzo silny stres ciepła (od 38 do 46°C), nieznośny stres ciepła ($> 46^{\circ}\text{C}$) [Błażejczyk i in. 2010].

Do charakterystyki warunków bioklimatycznych Gorzowa wykorzystano dane z okresu 1951-2020, z południowego terminu pomiarowego (godz. 12 UTC). Na tę porę doby przypada z reguły największa aktywność człowieka na wolnym powietrzu. Wskaźnik UTCI obliczono za pomocą programu BioKlima 2.6. Podobną metodykę do badań wieloletnich zmian warunków bioklimatycznych w całej Polsce zastosowali m.in. Kuchcik i in. [2021].

Średnia roczna wartość wskaźnika UTCI w Gorzowie w ostatnim 70-leciu osiągnęła wartość $6,9^{\circ}\text{C}$ (łagodny stres zimna). Na tle kraju to jedna z wyższych wartości; na stacjach sąsiednich w wieloleciu 1951-2018 niższe wartości zmierzono w Poznaniu i Szczecinie, a wyższe w Słubicach [Kuchcik i in. 2021]. Wieloletni przebieg średniego rocznego wskaźnika UTCI wykazuje duże zróżnicowanie z roku na rok (rys. 66), najniższą wartość odnotowano w 1956 r. ($2,3^{\circ}\text{C}$), a najwyższą w 2018 r. ($10,6^{\circ}\text{C}$) – lata te pokrywają się z latami o najniższej i najwyższej średniej rocznej temperaturze powietrza. Do połowy lat 90. wskaźnik UTCI nie wykazywał wyraźnych tendencji, od przełomu wieków notuje się wyraźnie wyższe jego wartości. W przebiegu wieloletnim zaznacza się wzrostowy trend istotny statystycznie o wielkości $0,5^{\circ}\text{C}/10$ lat. Należy wspomnieć o czynniku zakłócającym jednorodność, tj. opisaney w rozdziale Wiatr zmianie wysokości wiatromierza w 1997 r., która wpłynęła na obniżenie średniej prędkości wiatru, co znalazło odzwierciedlenie w nieznacznym wzroście wartości UTCI.

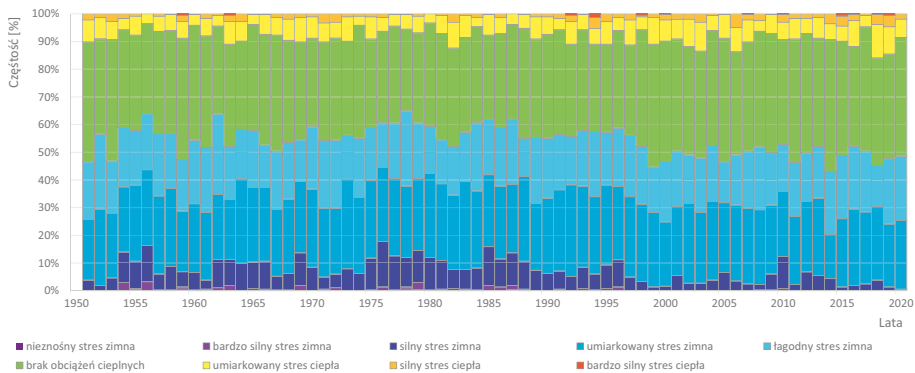
Tendencje wzrostowe są widoczne również w przebiegach skrajnych rocznych wartości UTCI w terminie południowym. Roczne maksima kształtują się najczęściej w przedziale silnego stresu ciepła, a najwyższe wartości osiągają przedział bardzo silnego stresu ciepła. Absolutne maksimum wskaźnika UTCI (42°C) wystąpiło 9 sierpnia 1992 r. przy temperaturze powietrza $36,3^{\circ}\text{C}$. Silnym trendem wzrostowym ($+1,9^{\circ}\text{C}/10$ lat) cechuje się przebieg minimalnych rocznych wartości. Przez pierwsze cztery dekady roczne minima UTCI osiągały najczęściej przedział nieznośnego i bardzo silnego stresu zimna. Począwszy od końcówki XX w. wartości te kształtowały się przeważnie w klasie silnego stresu zimna. Najniższą wartość UTCI odnotowano 31 grudnia 1978 r., wówczas przy temperaturze powietrza $-19,2^{\circ}\text{C}$ i prędkości wiatru 12 m/s wskaźnik UTCI osiągnął

wartość -54°C (nieznośny stres zimna). Jest to jedna z najniższych zanotowanych wartości w Polsce poza górami w latach 1951-2018 [Kuchcik i in. 2021].



Rysunek 66. Wieloletni przebieg średniej, minimalnej i maksymalnej rocznej wartości wskaźnika UTCI (°C) o godz. 12 UTC w Gorzowie w latach 1951-2020.

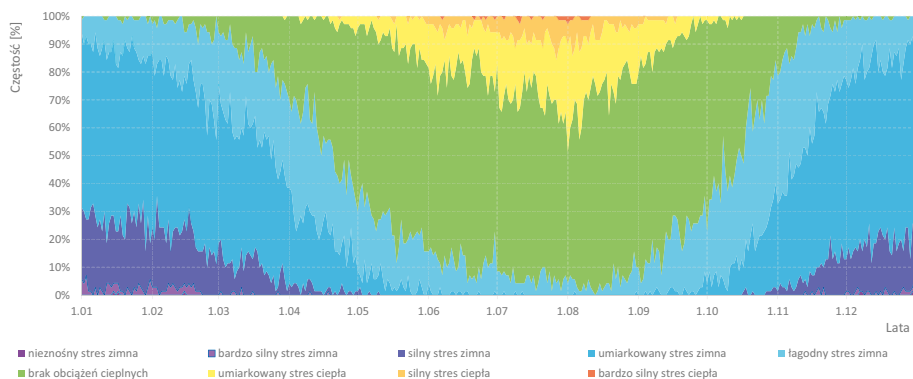
Inne spojrzenie na wieloletnie zmiany odczuć ciepłych przedstawiono na rysunku 67. W ujęciu rocznym w Gorzowie w godzinach okołopołudniowych najczęściej występuje odczucie stresu zimna (55%), przeważnie o nasileniu łagodnym i umiarkowanym. Przez blisko 38% dni odczucia termiczne są obojętne, a zaledwie przez niespełna 9% dni organizm doświadcza stresu ciepła (najczęściej o umiarkowanym nasileniu). W ostatnim 70-leciu zarysował się wyraźny spadek częstości występowania warunków z odczuciem zimna na rzecz wzrostu częstości warunków obojętnych i tych z odczuciem ciepła.



Rysunek 67. Wieloletni przebieg częstości stopnia obciążeń ciepłych człowieka wg wskaźnika UTCI o godz. 12 UTC w Gorzowie w latach 1951-2020.

W przebiegu rocznym najbardziej niekorzystne warunki zimą, powodujące odczucie nieznośnego stresu zimna, występowały od grudnia do lutego – łącznie siedem przypadków. Wartości UTCI wskazujące na umiarkowany stres zimna przeważają od listopada do marca. Natomiast w cieplej połowie roku najbardziej uciążliwe warunki (bardzo silny stres ciepła) mogą wystąpić od czerwca do sierpnia. Największy udział dni z odczuciem

stresu ciepła występuje w lipcu (29%). Nawet w miesiącach letnich zdarzają się dni, podczas których warunki pogodowe wywołują łagodny stres zimna, a sporadycznie także umiarkowany stres zimna (rys. 68).



Rysunek 68. Roczny przebieg dobowej częstości stopnia obciążeń cieplnych człowieka wg wskaźnika UTCI o godz. 12 UTC w Gorzowie w latach 1951-2020.

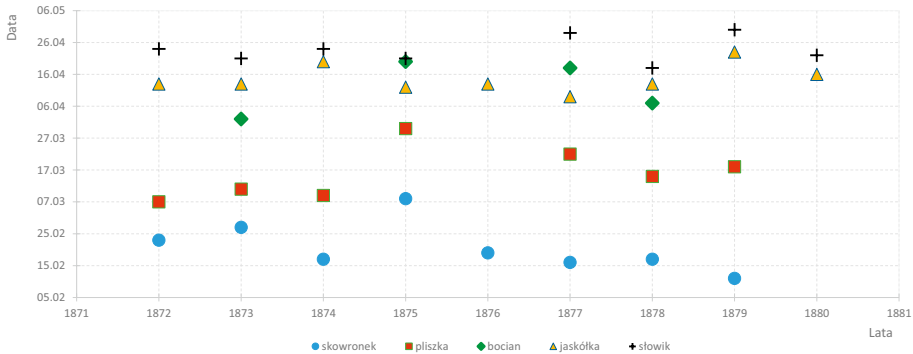
Zarówno pojedyncze, jak i kompleksowe wskaźniki bioklimatyczne wskazują na coraz mniejszą bodźcość klimatu Gorzowa ze strony stresu zimna. Łagodniejsze zimy, objawiające się m.in. coraz mniejszą liczbą dni mroźnych i bardzo mroźnych, wpływają na zmniejszający się udział dni z odczuciem silnego i bardzo silnego stresu zimna na rzecz odczuć łagodniejszych i obojętnych. W ostatnich latach w ciepłej porze roku obserwuje się wzrost liczby dni gorących i upalnych, nocy gorących oraz dni z pogodą parną. Konsekwencją tego jest rosnący w sezonie ciepłym udział dni z odczuciem silnego i bardzo silnego stresu ciepła kosztem spadku częstości występowanie warunków obojętnych.

Fenologiczne pory roku

Opisane we wcześniejszych rozdziałach warunki atmosferyczne mają istotny wpływ na cykliczne zmiany zachodzące w świecie roślin i zwierząt. Nauką, która zajmuje się całościowym oddziaływaniem warunków meteorologicznych na stadia rozwojowe fauny i flory jest fenologia. Obserwacje fenologiczne dostarczają informacji o terminach faz rozwoju roślin lub zachowań zwierząt; są ważnym, bo kompleksowym źródłem informacji o środowisku przyrodniczym, mogącym stanowić uzupełnienie klasycznych danych meteorologicznych. W ujęciu wieloletnim dane fenologiczne są cennym wskaźnikiem zmiany klimatu. Zebranie długich serii kompletnych, wiarygodnych i porównywalnych wyników obserwacji fenologicznych w rejonie Gorzowa było niemożliwe, ponieważ zajmowały się tym różne instytucje, stowarzyszenia i osoby prywatne, wykorzystujące odmienne instrukcje i wytyczne, bazujące na różnych gatunkach roślin i zwierząt oraz wybierające zróżnicowane obszary badawcze.

Pierwsze wzmianki o regularnych obserwacjach fenologicznych pochodzą z lat 70. XIX w. Spostrzeżenia nad wiosennymi przylotami ptaków prowadził landsberski rentier Moritz Rühle, a ich wyniki opublikował Kewitsch [1884]. Terminy przylotów wybranych gatunków ptaków wg obserwacji Rühiego przedstawia rysunek 69. Już w drugiej połowie lutego były widywane skowronki, a 2-4 tygodnie później zjawiały się pliszki.

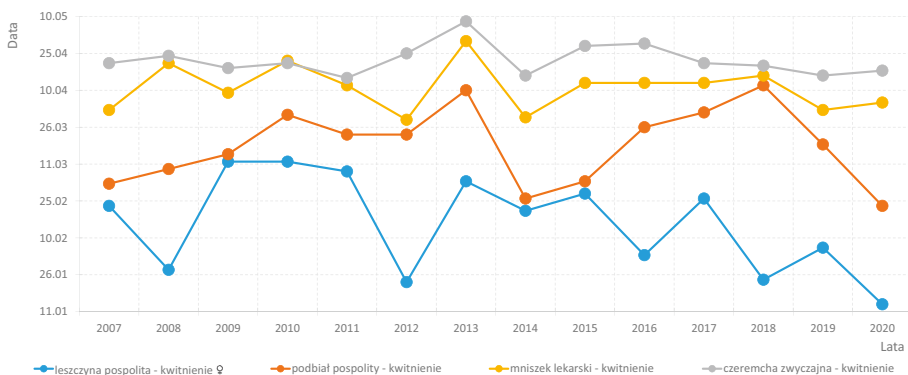
W terminie ich przylotów wyróżnia się mroźny luty 1875 r., kiedy oba gatunki przyleciały dwa tygodnie później niż zwykle. Skowronki przylatywały przeciętnie około połowy kwietnia, a słowiki w jego ostatniej dekadzie.



Rysunek 69. Wieloletni przebieg dat wiosennych przylotów wybranych gatunków ptaków w obserwacji Moritza Rühego w Gorzowie w latach 1872-1880. Źródło danych: Kewitsch [1884].

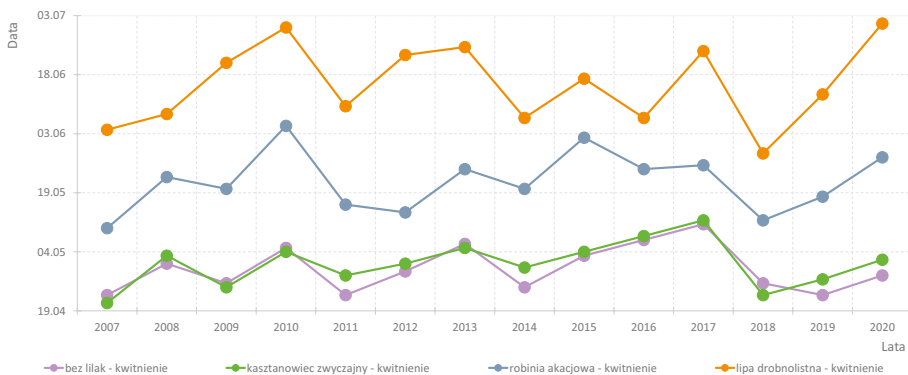
Po II wojnie światowej obserwacje fenologiczne były prowadzone m.in. przez Państwowy Instytut Hydrologiczno-Meteorologiczny, a następnie Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej. Początkowo (1946-1960) wyniki spostrzeżeń były publikowane w rocznikach fenologicznych zawierające m.in. dane z posterunków z Gorzowa oraz okolic (Wysoka, Zacisze-Leśniczówka, Krzeszyce). W roku 1992 zawieszono sieć obserwacji rozwoju roślin. Wznowienie sieci spostrzeżeń fenologicznych nastąpiło w 2007 r. i od tego czasu pracownicy stacji IMGW-PIB w Gorzowie prowadzą obserwacje faz rozwojowych dziesięciu pospolitych gatunków roślin w promieniu do kilkunastu kilometrów od Gorzowa. Pozwalają one na wyznaczenie siedmiu fenologicznych pór roku: zarania wiosny, wczesnej wiosny, pełni wiosny, wczesnego lata, lata, wczesnej jesieni i jesieni.

Pierwszą po zimie wskaźnikową fazą rozwoju jest kwitnienie żeńskich kwiatostanów leszczyny pospolitej. Ten pierwszy z pojawów zarania wiosny jest silnie uzależniony od warunków termicznych, śnieżnych i radiacyjnych stycznia i lutego. W czasie najcieplejszej i pierwszej bezśnieżnej zimy 2019/2020 kwiatostan leszczyny zaobserwowano już 14 stycznia. Natomiast mroźniejszy styczeń i luty w latach 2009 i 2010 spowodowały, że krzew ten przebudził się blisko dwa miesiące później. Najpóźniej w powojennych obserwacjach, bo dopiero 25 marca, leszczyna kwitła w 1947 r., co było skutkiem bardzo mroźnej zimy 1946/47. Zaznacza się duża zmienność z roku na rok w kwitnieniu leszczyny, zarazem jest też widoczna tendencja do coraz wcześniejszych terminów jej przebudzenia w latach 2007-2020 (rys. 70). Drugim po kwitnieniu leszczyny pojawem fenologicznym przynależnym zaraniu wiosny jest kwitnienie podbiału pospolitego. Oba stadia rozwoju mogą następować w odstępach kilkudniowych (jak np. w latach 2009, 2014, 2015), ale też 2-2,5 miesięcy po sobie (rok 2012 i 2018). Duże opóźnienie kwitnienia podbiału ma miejsce wówczas, jeśli po pierwszym wyraźnym ociepleniu, na które zareaguje leszczyna, następuje długotrwałe ochłodzenie oraz lutowy i marcowy powrót zimy. W takiej sytuacji, po późnym kwitnieniu podbiału na przełomie marca i kwietnia, następuje zazwyczaj szybkie kwitnienie pozostałych roślin właściwych wczesnej wiosnie: czeremchy zwyczajnej i mniszka lekarskiego – taką sytuację obserwowano w latach 2010, 2011, 2012, 2017 i 2018. Terminy kwitnienia zwiastunów wczesnej wiosny zmieniają się w znacznie mniejszym zakresie niż daty kwitnienia roślin typowych dla zarania wiosny.



Rysunek 70. Wieloletni przebieg dat pojawów fenologicznych charakterystycznych dla zarania wiosny oraz wczesnej wiosny w rejonie Gorzowa w latach 2007-2020.

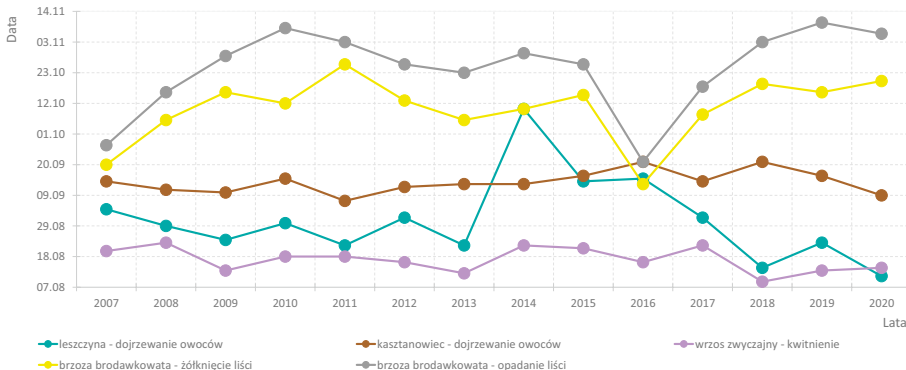
Oznaki fenologicznej pełni wiosny pojawiają się przeważnie na przełomie kwietnia i maja, a są nimi kwitnienie bzu lilaka i kasztanowca zwyczajnego. Terminy ich obserwacji są ze sobą ściśle powiązane, następują do 5 dni po sobie. Przeciętnie 3 tygodnie po pełni wiosny notuje się oznaki wczesnego lata – kwitnienie robinii akacjowej. Natomiast na czerwiec przypada kwitnienie lipy, charakterystyczne dla fenologicznego lata. Daty obserwacji faz tych trzech fenologicznych pór wykazują wyraźne powiązanie ze sobą, a jednocześnie w wieloletnim ich przebiegu nie widać istotnych zmian (rys. 71).



Rysunek 71. Wieloletni przebieg dat pojawów fenologicznych charakterystycznych dla pełni wiosny, wczesnego lata oraz lata w rejonie Gorzowa w latach 2007-2020.

Pierwsza oznaka fenologicznej wczesnej jesieni pojawia się około połowy sierpnia i jest nią kwitnienie wrzosu. Najczęściej 1-2 tygodnie później obserwowany jest jej drugi zwiastun, czyli dojrzewanie owoców leszczyny. W drugiej dekadzie września mamy przeważnie do czynienia z dojrzewaniem owoców kasztanowca będących pierwszym pojawem fenologicznej jesieni. Kolejna jej oznaka, żółknięcie liści brzozy, może następować w szerokim zakresie od końca września do końca października. Zmiana barw liści jest uzależniona m.in. od wielkości opadów na przełomie lata i jesieni, przykładowo w 2016 r. po suchym sierpniu nastąpił skrajnie suchy wrzesień. Wówczas żółknięcie liści zaobserwowano już 13 września, a tydzień później nastąpiło opadanie liści. Od przeciętnego terminu żółknięcia liści brzozy do ich opa-

dania mijają średnio 1-2 tygodnie. Przy sprzyjających warunkach pogodowych liście na brzozie mogą utrzymywać się nawet do pierwszej dekady listopada (2010, 2011, 2018-2020). W ujęciu wieloletnim (2007-2020) daty pojawów fenologicznych charakterystycznych dla wczesnej jesieni i jesieni nie wykazują wyraźnych tendencji (rys. 72).



Rysunek 72. Wieloletni przebieg dat pojawów fenologicznych charakterystycznych dla wczesnej jesieni i jesieni w rejonie Gorzowa w latach 2007-2020.

Wyniki spostrzeżeń fenologicznych w Polsce w latach 2007-2016 wskazują, że w rejonie Gorzowa daty pojawów od zarania wiosny do lata są jednymi z wcześniejszych w kraju [*Fenologiczne pory roku 2023*]. Badania Kępińskiej-Kasprzak i Struzika [2019] prowadzone na podstawie wielolecia 2007-2018 wskazują, że w Polsce największa rozpiętość terminów obejmuje pojawy związane z zaraniem wiosny, a najmniejsza dotyczy wczesnej jesieni i jesieni. Wynika to z dużych wahań temperatury powietrza na przełomie zimy i wiosny oraz z mniejszego wpływu warunków termicznych na przebieg jesiennych pojavów fenologicznych. Podobnie jak w Gorzowie, tak i w całej Polsce obserwuje się tendencje do coraz wcześniejszego występowania faz rozwoju roślin charakterystycznych dla zarania wiosny, wczesnej wiosny i wiosny oraz nieznacznego opóźnienia fenologicznej jesieni.

Zróżnicowanie przestrzenne klimatu Gorzowa

W dotychczasowych rozdziałach dokonano przeglądu warunków pojedynczych elementów meteorologicznych przede wszystkim w oparciu na pomiarach i obserwacjach prowadzonych w jednym lub najwyżej kilku punktach pomiarowych w Gorzowie. Obszar miasta, zajmujący powierzchnię 86 km², cechuje się znacznym zróżnicowaniem ukształtowania terenu i rodzajów pokrycia podłoża: od powierzchni wodnych przez grunty orne, łąki, parki, lasy po tereny uprzemysłowione i z wysoką zabudową mieszkaniową. To sprawia, że na terenie Gorzowa mamy do czynienia z obszarami o swoistych cechach klimatycznych.

Pierwszy opis klimatu lokalnego z oceną bioklimatyczną okolic Gorzowa pochodzi z początku XX w., a jego autorem był Pohl [1901], który w monografii powiatu pisał: „Z punktu widzenia zdrowia człowieka powietrze nad wysoczyzną, a zwłaszcza północna część sąsiadująca z obszarami leśnymi jest bardziej korzystna do zamieszkiwania niż obszary dolinne. Tereny w pobliżu rzek są narażone na podtopienia i cechują się wysokim poziomem wód gruntowych, przez co mogą sprzyjać rozwojowi chorób zakaźnych. Korzystnymi obszarami do wypoczynku i rekonwalescencji są obszary leśne z dobrze natlenionym powietrzem”.

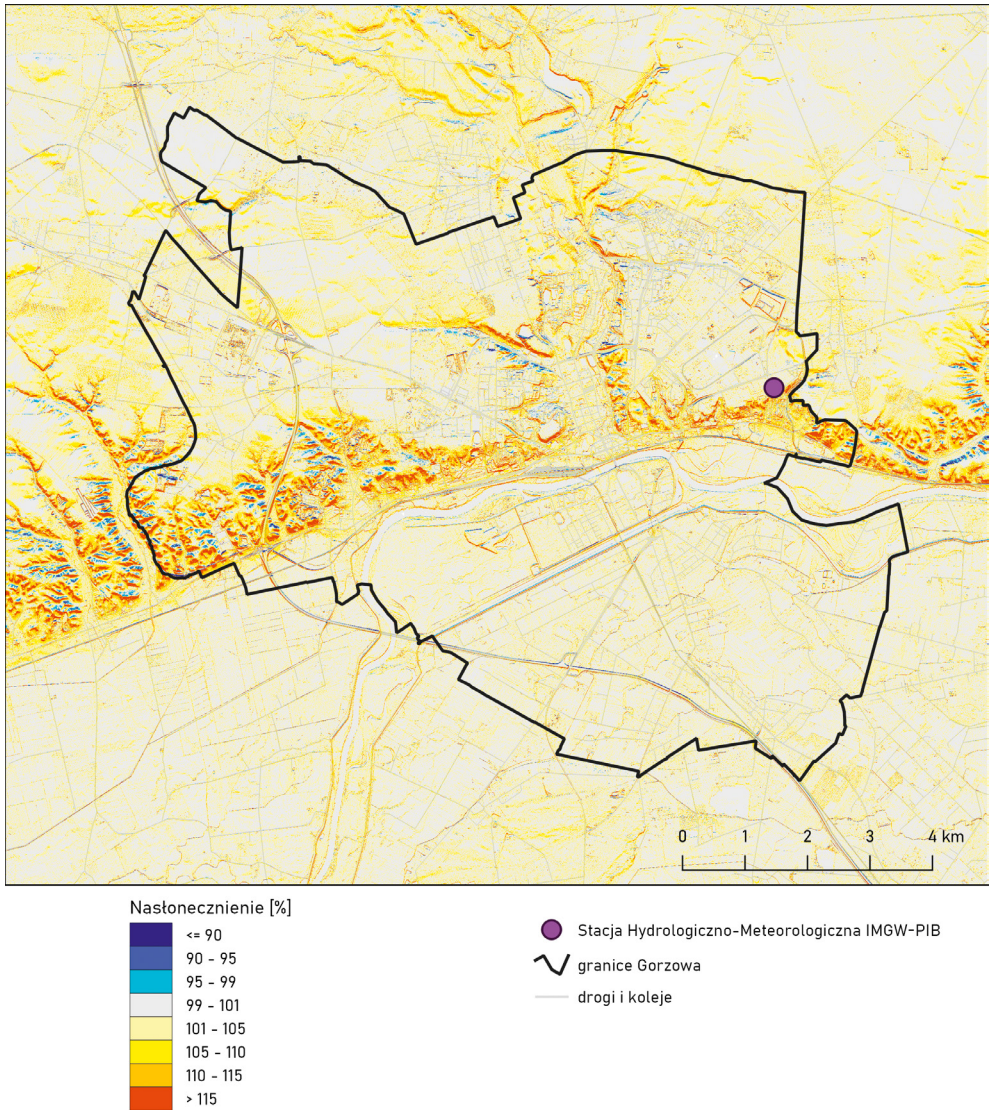
Jedną z niewielu kompleksowych typologii klimatu miejscowego rejonu Gorzowa jest *Szkie „topoklimatów” powiatu gorzowskiego* przeprowadzony przez miejscowego geografa Alberta Bubię [1975]. Celem tego podziału było wyodrębnienie cech klimatu miejscowego istotnych z punktu widzenia planowania przestrzennego w zakresie rolnictwa, osadnictwa i rekreacji. Autor wydzielił dwa główne obszary – topoklimaty leśne i topoklimaty terenów bezleśnych – dla każdego z nich ustalono po sześć odmian odróżniających się użytkowaniem i ukształtowaniem terenu. Niedogodnością tej typologii była słaba strona kartograficzna i wynikający z niej duży poziom uogólnienia informacji przestrzennej.

Podczas pracy nad *Klimatem Gorzowa* podjęto próbę stworzenia nowej mapy zróżnicowania klimatu miejscowego rejonu miasta. Bazą do opracowania było zarówno opisane wcześniej przestrzenne zróżnicowanie wybranych elementów meteorologicznych, jak i dane cyfrowe w postaci: zdjęć satelitarnych, numerycznego modelu terenu i modelu użytkowania terenu. Pomocne okazały się również wizje terenowe na obszarach granicznych przeprowadzone w różnych warunkach pogodowych oraz wywiad miejscowy. W rezultacie powstały następujące mapy obrazujące różnorodność klimatu lokalnego: mapa nasłonecznienia, mapa temperatury powierzchni terenu, mapa regionów mezoklimatycznych oraz mapa waloryzacji topoklimatów.

Nasłonecznienie

Jak już wcześniej wspomniano, podstawowym źródłem energii w procesach zachodzących w atmosferze jest promieniowanie słoneczne. Zatem badania warunków klimatycznych danego obszaru należy rozpocząć od rozpoznania zmienności dopływu promieniowania słonecznego do powierzchni ziemi. W tym celu wykorzystano nasłonecznienie (zwane również insolacją), które należy rozumieć jako ilość promieniowania całkowitego docierającego na dowolnie nachyloną powierzchnię [Słownik Meteorologiczny 2003]. Do stworzenia mapy nasłonecznienia rejonu Gorzowa wybrano metodę Strużki [1959], opisaną przez Kozłowską-Szczęsną i in. [1997], a zastosowaną m.in. przez Dobka i Gawrysiaka [2009] do badań na obszarze Lublina. Rozwiązanie to umożliwia – znając ekspozycję i nachylenie terenu – określenie przybliżonych wartości (w procentach) dopływu promieniowania bezpośredniego lub całkowitego, przy czym za 100% uznaje się dopływ promieniowania do powierzchni płaskiej. W tym celu wykorzystano numeryczny model terenu o rozdzielczości 1 m [GUGiK 2023], z którego w programie QGIS wyznaczono ekspozycję i nachylenie terenu. Na bazie tych dwóch wartości każdemu polu została przyznana względna wartość promieniowania wg koncepcji Strużki [1959].

Zastosowanie numerycznego modelu terenu o dużej rozdzielczości (1 m × 1 m) dało bardzo szczegółowy obraz zmienności nasłonecznienia. Na mapie uwidoczniły się tak drobne formy terenu (naturalne i antropogeniczne), jak m.in.: nasypy kolejowe i drogowe, wały przeciwpowodziowe, ziemne trybuny stadionów. Na obszarze Gorzowa zdecydowanie przeważają obszary o nasłonecznieniu w przedziale 99-101% (rys. 73), co wynika z dominacji terenów płaskich lub o śladowym nachyleniu. Wyraźnie odznacza się, przecinająca miasto z zachodu na wschód, krawędź wysoczyzny o ekspozycji przeważnie południowej – tu nasłonecznienie przekracza 110%, a miejscami dochodzi do 135%. Duże zróżnicowanie względnego nasłonecznienia ma miejsce również w meandrujących dolinkach głęboko wcinających się w krawędź wysoczyzny oraz na stokach wzdłuż doliny Kłodawki. Miejsca te cechują się dużą różnorodnością nachylenia i ekspozycji na niewielkich odległościach, dlatego obszary o nasłonecznieniu powyżej 120% sąsiadują z tymi o nasłonecznieniu poniżej 90%. Oznacza to duże zróżnicowanie w dopływie energii promieniowania słonecznego, jak na warunki Polski nizinnej.



Rysunek 73. Rozkład nasłonecznienia (%) w rejonie Gorzowa.

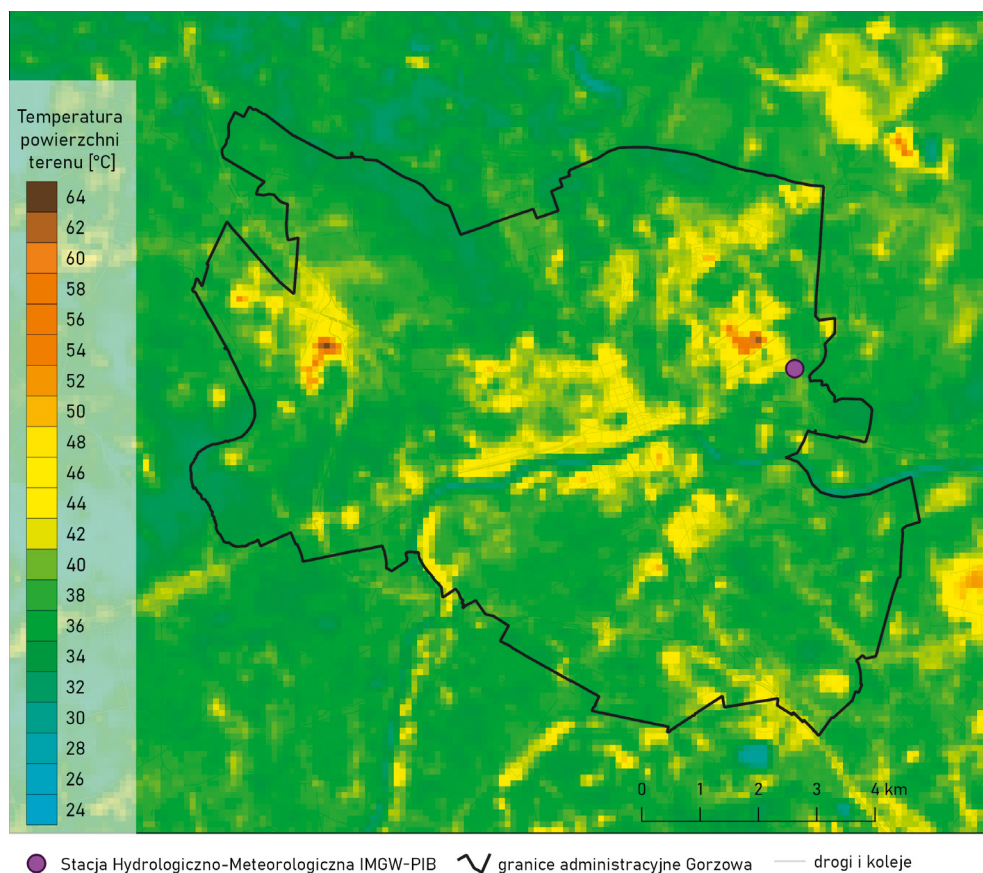
Temperatura powierzchni terenu

Przedstawione wcześniej opisy zróżnicowania przestrzennego cech termicznych Gorzowa opierały się na pomiarach na stacjach meteorologicznych i w niewielkim stopniu na badaniach patrolowych. Dostarczają one informacji o charakterze punktowym, co jest ich niewątpliwą wadą, mając na względzie dużą różnorodność powierzchni czynnych w obrębie miasta. Przełomowych, bo przestrzennie ciągłych danych dostarczają satelity meteorologiczne. W warunkach pogody bezchmurnej zobrazowania satelitarne, po zastosowaniu odpowiednich przeliczeń, umożliwiają stworzenie map rozkładu temperatury powierzchni terenu. Pierwszej analizie rozkładu przestrzennego tego pa-

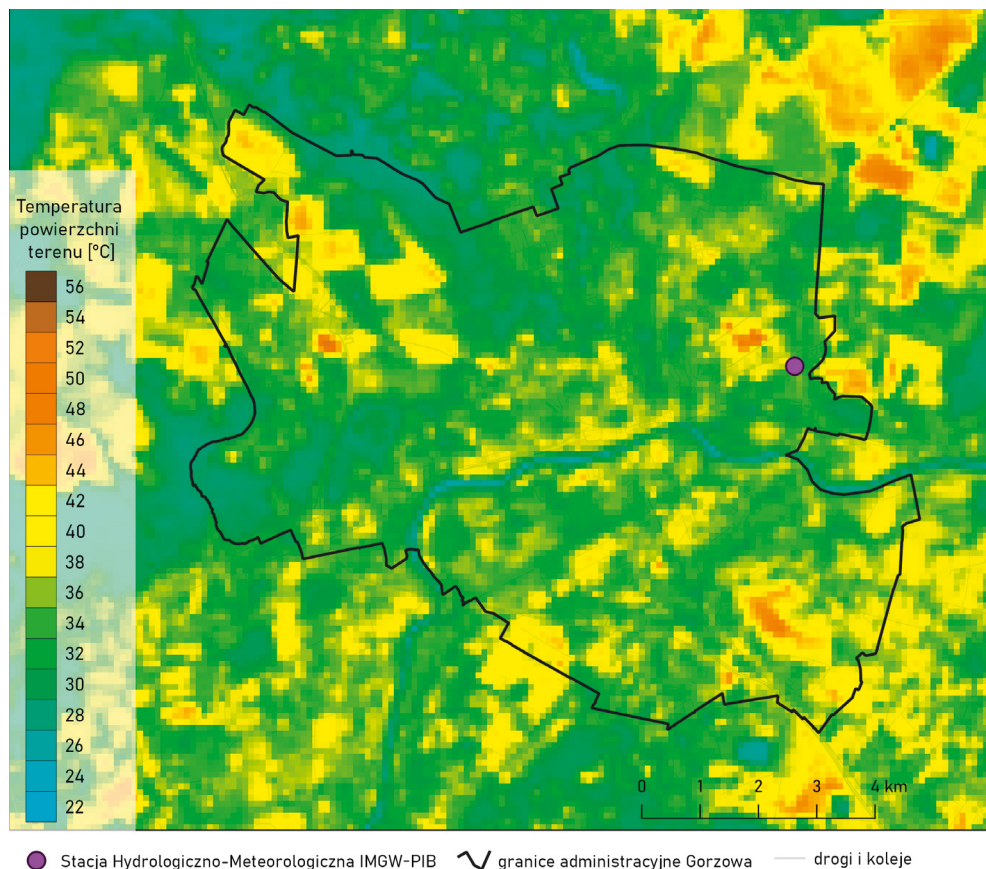
rametru na obszarze Gorzowa dokonali autorzy *Planu adaptacji...* [2019]. Z zamieszczonej tam mapy temperatury powierzchni wykonanej 1 lipca 2015 r. wynika, że różnica w temperaturze powierzchni miasta dochodzi do ponad 30°C. Najcieplejsze są obszary przemysłowe, zaś najchłodniejsze – tereny biologicznie czynne i wody.

Do opisu zróżnicowania termicznego powierzchni miasta wybrano dwa obrazy satelitarne zarejestrowane przez satelitę Landsat 8. Wykorzystano produkt Landsat Level-2 Surface Temperature Product udostępniony przez U.S. Geological Survey. Dane satelitarne zostały opracowane przez Panią Monikę Hajto z Zakładu Teledetekcji Satelitarnej IMGW-PIB w Krakowie. Pierwsze ze zdjęć zostało wykonane 26 czerwca 2019 r. o godz. 11:50 (09:50 UTC). To był upalny, suchy i słoneczny dzień. W chwili rejestracji zdjęcia niebo nad Gorzowem było bezchmurne, temperatura powietrza na stacji wyniosła 32,7°C, wilgotność 40%, notowano słaby wiatr, powierzchnia gruntu była sucha, opadów nie było przez 4 dni. Temperatura powierzchni gruntu w obrębie pikselu obejmującego stację IMGW-PIB wyniosła 45,4°C. Na powstałej mapie temperatury powierzchni gruntu (rys. 74) dobrze zaznacza się zróżnicowanie wynikające z różnych cech fizycznych podłoża. Na terenie Gorzowa wyróżniają się dwa obszary o najwyższej temperaturze powierzchni. Pierwszy z nich to strefa przemysłowa z wielkopowierzchniowymi halami zlokalizowana w zachodniej części miasta, w rejonie węzła drogowego Gorzów-Północ przy drodze S3; na sporym obszarze temperatura przekroczyła tu 50°C, a maksymalna wartość (64°C) wystąpiła nad zakładem TPV. Druga z najcieplejszych stref leży we wschodniej części miasta, ma powierzchnię ok. 2 km² i obejmuje obszary przemysłowe między ul. Walczaka i Podmiejską z elektrociepłownią i terenem po byłych zakładach Stilon (maksimum 63°C). Spośród pozostałych terenów przemysłowych i usługowych w mieście wyróżniają się mniejsze plamy ciepła do 50-54°C w rejonie wielkopowierzchniowych centrów handlowych (Askana, NovaPark oraz tych przy ul. Myśluborskiej i Górczyńskiej) i zakładów przemysłowych przy ul. Kasprzaka, Fabrycznej i Jancarza. W wymienionych miejscach na wysokie wartości temperatury wpływają nie tylko budynki, ale również duże powierzchnie placów parkingowych o betonowej lub asfaltowej nawierzchni. Rejony największych gorzowskich osiedli mieszkaniowych z zabudową blokową (Staszica, Górczyn, Dolinki, Piaski) na mapie przybierają przeważnie barwy wskazujące na temperaturę powierzchni 42-50°C. Tam, oprócz zabudowy mieszkaniowej, usługowej i parkingów, duży udział stanowią tereny zielone (trawniki, skwery), które przyczyniają się do niższej temperatury w porównaniu do terenów przemysłowych. Z kolei powierzchnia osiedli z budownictwem jednorodzinnym cechuje się nieco niższymi wartościami temperatury niż osiedli z blokami mieszkalnymi. Pozostałymi obszarami o podwyższonej temperaturze w obrębie miasta są m.in. nadwarciańskie nieużytki na lewym brzegu w zachodniej części Gorzowa oraz obszar upraw warzyw w Karninie. Z kolei najchłodniejsze powierzchnie (poniżej 36°C) zostały zarejestrowane wzdłuż koryta Warty oraz na obszarach zadrzewionych (m.in. lasy na zachód od Wieprzyc, park Czechówek oraz park Słowiański z ciągnącymi się na północny zachód od niego terenami zadrzewionymi i zakrzewionymi). Na nieco chłodniejsze warunki wskazują również piksele pokrywające śródmiejskie parki (Siemiradzkiego, Zacisze, Kopernika, Wiosny Ludów ze stawem, park przy Muzeum Lubuskim, park przyszpitalny przy ul. Walczaka), grunty orne i łąki na Zamościu i Zakału, a także nieużytki porośnięte krzewami i drzewami oraz obszary ogródków działkowych. Rzut oka na okolice Gorzowa pozwala łatwo zlokalizować jeziora (m.in. Kłodawskie, zalew Karnin), które są najchłodniejsze (poniżej 32°C). Większe obszary pokryte kolorem zielonym (32-38°C) obejmują kompleks lasów Nadleśnictwa Bogdaniec. Najcieplejsze plamy dotyczą głównie nieużytków, skoszonych łąk lub gruntów ornych z niską roślinnością.

Nieco inną sytuację rozkładu temperatury powierzchni przedstawia rysunek 75. Obraz odzwierciedla sytuację z 27 sierpnia 2016 r. o godz. 09:50 UTC. Był to dzień słoneczny i upalny, a w chwili wykonania zdjęcia temperatura powietrza na stacji IMGW wyniosła 26,5°C. Na obu analizowanych mapach (rys. 74-75) obszary najcieplejsze i najchłodniejsze obejmują podobne rejony. Na rycinie z 27 sierpnia 2016 r. pojawiły się dodatkowe obszary o podwyższonej temperaturze powierzchni 40-48°C – to powstałe po niedawnych żniwach ścierniska, które ulegają silnemu nagrzewaniu. W granicach Gorzowa ich powierzchnia sięga kilkudziesięciu hektarów, a występują w północno-zachodniej i w południowej części miasta. Co ważne, powierzchnia rzysk ma nawet wyższą temperaturę niż obszary z gęstą zabudową mieszkaniową. Zatem podwyższoną temperaturę mogą mieć również obszary o dużym udziale powierzchni biologicznie czynnej. Znacznie większe powierzchnie ściernisk widoczne są na zachód i północny wschód od miasta, a ich cechą charakterystyczną jest regularny kształt, nawiązujący do granic działek ewidencyjnych.



Rysunek 74. Temperatura powierzchni terenu (°C) w rejonie Gorzowa 26 czerwca 2019 r. o godz. 09:50 UTC. Źródło: Landsat Level-2 Surface Temperature Science Product – dzięki uprzejmości U.S. Geological Survey.



Rysunek 75. Temperatura powierzchni terenu (°C) w rejonie Gorzowa 27 sierpnia 2016 r. o godz. 09:50 UTC. Źródło: Landsat Level-2 Surface Temperature Science Product – dzięki uprzejmości U.S. Geological Survey.

Obie mapy temperatury powierzchni terenu podczas upalnego dnia wskazują na obecność w obrębie Gorzowa obszaru mającego symptomy miejskiej wyspy ciepła o wielu ośrodkach i nieregularnym kształcie. Dwa najcieplejsze obszary obejmują strefy przemysłowe na wschodnich i zachodnich krańcach miasta. Środkowa część, wraz z największymi osiedlami mieszkaniowymi, to obszar podwyższonej temperatury, ale poprzecinany chłodniejszymi terenami, jak np. koryto Warty, śródmiejskie parki i stawy. Podczas upalnych dni korzystny dla warunków termicznych miasta jest duży udział chłodniejszych powierzchni w zachodniej części (lasy, łąki i pola uprawne), które głęboko wcinają się w kierunku centrum Gorzowa.

Dzienna temperatura powierzchni terenu nie powinna być jednak stosowana do identyfikacji miejskiej wyspy ciepła. Badania klimatologów [m.in. Fortuniak 2003; Bokwa 2010] wskazują, że istnienie miejskiej wyspy ciepła najwyraźniej wyraża się w godzinach nocnych, w warunkach niewielkiego zachmurzenia i małej prędkości wiatru, zwłaszcza zimą. Wówczas dochodzi do największych różnic między centrum miasta a jego peryferiami. Można przypuszczać, że w Gorzowie rozkład przestrzenny miejskiej wyspy ciepła w godzinach nocnych jest modyfikowany wpływem urozmaiconej rzeźby terenu na temperaturę powietrza, zwłaszcza doli-

ny Warty i Kłodawki. Podobne zjawisko zostało zaobserwowane na obszarze Krakowa położonego w dolinie Wisły i opisane przez Bokwę [2010].

Regiony mezoklimatyczne Gorzowa

Przeprowadzona we wcześniejszych rozdziałach analiza wybranych elementów meteorologicznych wskazuje, że w obrębie miasta ma miejsce stosunkowo wyraźne zróżnicowanie warunków klimatycznych, co zachęca do przeprowadzenia regionalizacji. Metodologiczną inspiracją do wydzielenia regionów klimatycznych w rejonie Gorzowa była praca krakowskich klimatologów Hessa, Niedźwiedzia i Obrębskiej-Starkłowej [1989]. Autorzy wyznaczyli na obszarze Krakowa jednostki nazwane regionami mezoklimatycznymi. Ich granice niemal pokrywają się z granicami jednostek geomorfologicznych i fizycznogeograficznych. Podstawą tego podziału była udowodniona zależność między wysokością bezwzględną i względną nad doliną Wisły a wartościami elementów i parametrów meteorologicznych, w tym głównie wskaźników termicznych i częstością występowania mgieł. Pomimo znacznej odległości i odmiennych prowincji fizycznogeograficznych, w których leżą Kraków i Gorzów, dostrzeżono podobieństwa w ukształtowaniu terenu i jego wpływie na warunki termiczne. Analogie polegają m.in. na niższych wartościach temperatury minimalnej, skróconym okresie bezprzymrozkowym oraz częstszym występowaniu mgieł w obrębie den dolin Wisły i Warty w porównaniu do okolicznych wzniesień. Nieco większe wysokości względne w rejonie aglomeracji krakowskiej przyczyniają się do wyraźniejszych kontrastów klimatu lokalnego stolicy Małopolski niż ma to miejsce w północnej stolicy woj. lubuskiego.

Do wydzielenia regionów o charakterystycznych cechach klimatu w rejonie Gorzowa wykorzystano przede wszystkim wyniki pomiarów ze stacji meteorologicznych działających w mieście w różnych okresach, a co ważniejsze – w obrębie różnych form terenu. Pod uwagę wzięto również wyniki pomiarów patrolowych i okresowych przeprowadzonych przez Prawdzica [1970] oraz wieloletnie spostrzeżenia pracowników gorzowskiej stacji IMGW-PIB prowadzone w regionie. Kontrasty w klimacie miejscowym ujawniają się szczególnie podczas pogody radiacyjnej (zwłaszcza nocy), czyli warunków z niewielką prędkością wiatru lub ciszą oraz niewielkim lub zerowym zachmurzeniem. Granice między regionami przeprowadzono z uwzględnieniem rzeźby terenu miasta i okolic, w tym nachylenia i ekspozycji terenu oraz wysokości względnych nad dnem doliny Warty. Pod uwagę wzięto również dotychczasowe podziały klimatyczne obejmujące rejon Gorzowa: strefy zagrożenia potencjalnego przez przymrozki doliny Warty i Noteci w obrębie woj. zielonogórskiego [Prawdzic 1970], podział woj. zielonogórskiego na krainy klimatyczne [Prawdzic, Koźmiński 1972] oraz szkie „topoklimatów” powiatu gorzowskiego [Bubień 1975]. Do nowej klasyfikacji wykorzystano bogatszy i dłuższy materiał pomiarowy, precyzyjne dane przestrzenne (nachylenie i ekspozycja terenu, nasłonecznienie) oraz narzędzia geograficznych systemów informacyjnych (GIS), co w rezultacie dało precyzyjny przebieg granic regionów. W efekcie prac wydzielono w rejonie Gorzowa cztery jednostki nazwane za Hessem i in. [1989] regionami mezoklimatycznymi (rys. 76).

REGION DOLINY DOLNEJ WARTY

Obejmuje mezoregion Kotliny Gorzowskiej z płaskimi terenami wznoszącymi się do 10 m nad dnem doliny. To obszar o najwyższej średniej rocznej temperaturze powietrza na omawianym terenie, ale i największych kontrastach termicznych. Szczególnie zaznaczają się tu niskie minima temperatury podczas radiacyjnych nocy,

a to skutkuje wyraźnie krótszym okresem bezprzymrozkowym niż na pobliskiej wysoczyźnie. Dolina dolnej Warty, zwłaszcza w pobliżu koryta rzeki i licznie występujących kanałów, cechuje się wyższą wilgotnością powietrza, co wpływa na większą liczbę dni z mgłą i z osadami. Roczne sumy opadów należą do najmniejszych w tej części Polski. Wklęsła forma terenu sprzyja rozwojowi nocnych inwersji, co przekłada się na stagnację i koncentrację zanieczyszczeń w powietrzu. Z drugiej strony, w czasie silnego wiatru o kierunku zgodnym z przebiegiem osi obniżenia pradolinowego (w rejonie Gorzowa to WSW-ENE i W-E) w strefie tej może dochodzić do zwiększania prędkości wiatru wskutek kanalizowania przepływów (zbieżności strug powietrza); sprzyja temu stosunkowo mała szorstkość podłoża. Wymienione czynniki sprawiają, że ten region mezoklimatyczny należy uznać za niekorzystny do osadnictwa oraz pod uprawę roślin wrażliwych na przymrozki (ogrodnictwo i sadownictwo). Region doliny dolnej Warty zajmuje ok. 38% powierzchni Gorzowa, rozciąga się na całą lewobrzeżną część miasta i na najniższych terasach prawobrzeża. Przeważają tu grunty orne i łąki, zabudowa mieszkalna ma najczęściej charakter luźny i rozproszony, w ostatnich latach zwiększa się udział zabudowy przemysłowej.

REGION WYSOCZYZNY GORZOWSKIEJ

Pokrywa się z granicami mezoregionu Równiny Gorzowskiej (z wyjątkiem strefy krawędziowej i doliny Kłodawki), obejmuje najwyżej położone części Gorzowa, powyżej 50 m n.p.m., co stanowi 33% obszaru miasta. Region ten jest chłodniejszy niż dolina Warty, cechuje się mniejszymi dobowymi wahaniami temperatury. Wyższe niż w pradolinie temperatury minimalne sprawiają, że wysoczyzna ma dłuższy okres bezprzymrozkowy przy krótszym o kilka dni okresie wegetacyjnym. Niższa wilgotność powietrza skutkuje tu mniejszą częstością mgieł. Wysoczyzna otrzymuje więcej opadów niż pradolina. Na Równinie Gorzowskiej notuje się wyższą niż w dolinie Warty średnią prędkość wiatru oraz mniejszą liczbę cisz, co wpływa na m.in. lepsze przewietrzanie i korzystniejszą sytuację aerosanitarną. Czynniki te sprawiają, że Wysoczyzna Gorzowska jest najbardziej korzystnym z regionów mezoklimatycznych miasta do osadnictwa, przemysłu i uprawy roślin. W tej strefie znajdują się największe gorzowskie osiedla (os. Górczyn, Ustronie, Europejskie i wyżej położona część os. Staszica) oraz największe strefy przemysłowe (Baczyna, tereny byłego Stilonu z elektrociepłownią).

REGION KRAWĘDZI WYSOCZYZNY GORZOWSKIEJ

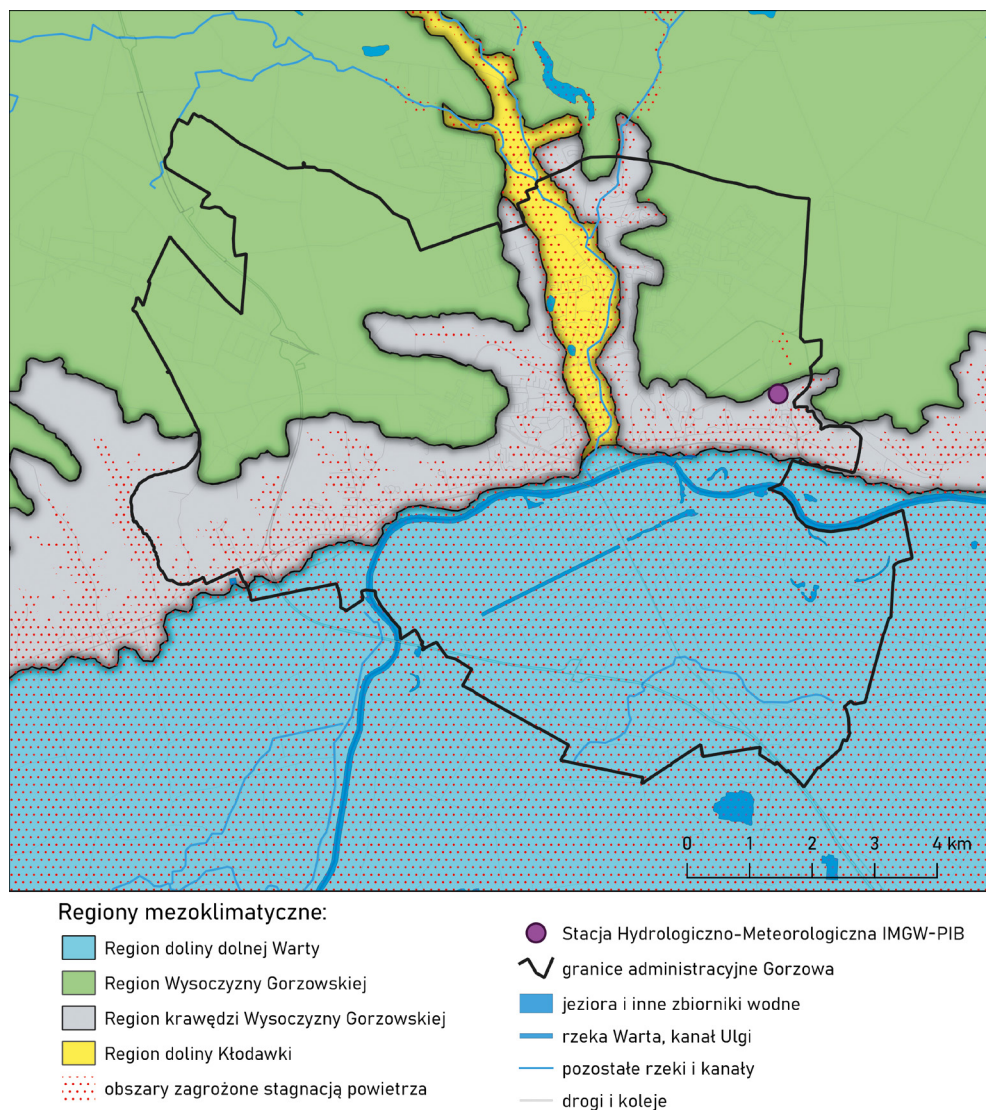
Stanowi strefę przejściową między mezoklimatem Wysoczyzny Gorzowskiej i doliny dolnej Warty. Obejmuje stosunkowo wąski pas o zmiennej szerokości od kilkuset metrów do 3-4 km. W strefie wierzchowinowej granicę z regionem mezoklimatycznym Wysoczyzny Gorzowskiej wytyczono mniej więcej w odległości 100-500 m od miejsca, gdzie morena zaczyna opadać stromo ku pradolinie. Na obszarze miasta linia ta przebiega na wysokości 50-80 m n.p.m. Z kolei granicę z regionem doliny dolnej Warty wyznaczono ok. 5-10 m powyżej dna doliny, to jest w przybliżeniu wzdłuż rzędnej 20-25 m n.p.m. w prawobrzeżnej części miasta. Strefa krawędziowa jest najbardziej zróżnicowanym rejonem Gorzowa pod względem rzeźby terenu, jej wysokości względne w granicach miasta sięgają 30-60 m, a ogólny przebieg z zachodu na wschód jest dodatkowo urozmaicony licznymi rozcięciami erozyjnymi (niewielkimi dolinami). Powoduje to dużą zmienność w dopływie promieniowania słonecznego (rys. 73), co przekłada się na większe kontrasty warunków meteorologicznych na niewielkim dystansie. Tereny położone niżej, do wysokości ok. 30-40 m n.p.m., przyjmują więcej cech regionu nadwarciańskiego, a zatem są narażone na większe wychłodzenie z powodu nocnych spływów chłodnego po-

wietrza z wysoczyzny, częstsze są tu mgły napływające z dna doliny, mniejsza prędkość wiatru i gorsze warunki do rozpraszania zanieczyszczeń. Wyższy poziom stoku, powyżej ok. 40-50 m n.p.m., znajduje się najczęściej już ponad zasięgiem typowych inwersji w dolinie Warty, dzięki czemu cechuje się mniejszą częstością mgieł, lepszą wentylacją, choć wciąż poniżej silnie przewietrzanej wierzchołkowej. Obszar ten zwany jest w literaturze ciepłą strefą na stoku [Bokwa 2010] i jest uważany za najkorzystniejszy do zabudowy mieszkaniowej. Najwyżej położona część tego regionu mezoklimatycznego, tam gdzie krawędź wysoczyzny przechodzi w strefę wierzchołkową, ma warunki zbliżone do mezoregionu wysoczyzny, przy czym jest szczególnie eksponowana na wiatr z najczęstszego kierunku – południowo-zachodniego. Panują tu najbardziej korzystne w mieście warunki aerosanitarne. Częstość mgieł napływających z dna doliny Warty pozostaje wyższa niż w obrębie samej wysoczyzny. W tej strefie zlokalizowana jest stacja meteorologiczna IMGW-PIB. W rejonie Gorzowa krawędź wysoczyzny ma przeważnie ekspozycję o kierunku S i SSE, co skutkuje zwiększonym dopływem całkowitego promieniowania słonecznego w porównaniu do płaskich powierzchni doliny czy falistej wysoczyzny; różnica ta jest szczególnie wyraźna zimą, przy niskim położeniu Słońca. Korzystne nachylenie strefy krawędziowej przekłada się również na uprzywilejowanie termiczne tego obszaru w czasie słonecznych dni. Znajduje to odzwierciedlenie m.in. w zlokalizowanym tu stepowym rezerwacie przyrody „Gorzowskie Murawy” o rzadkim w Polsce siedlisku muraw kserotermicznych. Wyjątkiem są głębokie rozcięcia dolinne strefy krawędziowej – ukształtowanie terenu szczególnie sprzyja tworzeniu się tu inwersji termicznych i stagnacji powietrza, a dopływ promieni słonecznych jest ograniczony stromymi stokami. Region południowej krawędzi Wysoczyzny Gorzowskiej zajmuje ok. 24% powierzchni miasta, rozlokowały się tu osiedla: Zielona Dolina, Wieprzyce, Słoneczne, Zacisze, Dolinki, Janice oraz niżej położona część os. Staszica, a także dzielnica wokół ulic Chopina i Kasprowicza.

REGION DOLINY KŁODAWKI

Obejmuje południkowo ułożone rozcięcia erozyjne Wysoczyzny Gorzowskiej, dnem którego płynie Kłodawka. W odróżnieniu od innych tego typu form, dolina Kłodawki ma wyraźnie większe rozmiary, stąd jej wyróżnienie jako osobny region mezoklimatyczny. Długość tego obszaru sięga blisko 10 km (od centrum Gorzowa po stawy rybne w Mironicach), a jego szerokość na obszarze miasta zmienia się od 500 do 1300 m. Charakterystyka warunków meteorologicznych tego regionu nastrocza trudności, ponieważ nie było tu prowadzonych pomiarów stacjonarnych (z wyjątkiem stacji działającej w latach 1877-1892). Niewątpliwie cała dolina Kłodawki jest narażona na spływy chłodnego powietrza z wysoczyzny, powstawanie inwersji termicznych, a południkowa orientacja rynny znacznie utrudnia przewietrzanie. Jest to zatem obszar szczególnie narażony na stagnację powietrza i koncentrację zanieczyszczeń, tym bardziej, że jego południowa i środkowa część jest silnie zurbanizowana i charakteryzuje się najmniejszym w Gorzowie udziałem terenów biologicznie czynnych. Otaczające dolinę od wschodu i od zachodu wzgórza skracają czas dopływu promieniowania słonecznego, tj. opóźniają wschód i przyspieszają zachód Słońca. Spostrzeżenia wskazują, że w obrębie zurbanizowanego odcinka doliny Kłodawki paradoksalnie mgły występują rzadziej niż na stacji meteorologicznej położonej na krawędzi wysoczyzny. Zaobserwowano, że mgły tworzące się nad doliną Warty łatwiej „rozlewają” się na strefę krawędziową wysoczyzny niż wkraczają do doliny Kłodawki. Prawdopodobnie naturalne warunki sprzyjające rozwojowi mgieł są niwelowane tutaj przez czynniki antropogeniczne w postaci rozległych obszarów o zwartej zabudowie i dużym udziale powierzchni sztucznych oraz nieprzepuszczalnych (np. betonowych, asfaltowych). O wpływie obszarów zurbanizowanych na zmniejszenie częstości występowania mgieł pisali m.in. For-

tuniak [2003] oraz Bokwa i in. [2021]. Z drugiej strony wielokrotnie obserwowano, że niezabudowana część doliny Kłodawki w północnej części Gorzowa i dalej na północ, która jest użytkowana rolniczo, to obszary sprzyjające rozwojowi mgieł radiacyjnych. Region doliny Kłodawki obejmuje historyczną strefę rozwoju miasta na osi północ–południe, stanowi zaledwie 4% powierzchni Gorzowa.



Rysunek 76. Regiony mezoklimatyczne w rejonie Gorzowa.

Wyznaczone w obrębie Gorzowa regiony mezoklimatyczne są charakterystyczne dla całej strefy granicznej między Pradoliną Toruńsko-Eberswaldzką od południa a Pojezierzem Południowopomorskim i Chełmińsko-Dobrzyńskim od północy. Wyrazistość granic regionów zależy przede wszystkim od wysokości względnych strefy krawędziowej.

Dodatkowym elementem nałożonym na mapę regionów mezoklimatycznych są obszary szczególnie narażone na stagnację powietrza w warunkach pogody radiacyjnej. Rejony te sprzyjają nocnemu wypromienianiu ciepła oraz nocnym spływom chłodnego powietrza z wysoczyzny. Tworzą się tu inwersje powietrza, a ukształtowanie terenu utrudnia naturalne przewietrzanie, co sprzyja koncentracji zanieczyszczeń powietrza. Strefy te wyznaczono na podstawie obserwacji, analizy ukształtowania terenu i wywiadu terenowego. W granicach Gorzowa obszarami zagrożonymi zastoiskami chłodnego powietrza są: najniższe terasy pradoliny (w tym cała lewobrzeżna część miasta), podnóże zbocza doliny Warty, głębokie dolinki rozcinające krawędź wysoczyzny, dolina Kłodawki wraz z jej dopływem – Srebrną. Strefa narażona na stagnację powietrza stanowi 34% powierzchni miasta i należy ją uznać za niekorzystną do zabudowy mieszkaniowej i przemysłowej.

Topoklimaty Gorzowa

Opisany wcześniej podział na mezoregiony klimatyczne bazował przede wszystkim na jednostkach fizycznogeograficznych i ukształtowaniu terenu. Jednym z istotnych czynników kształtujących klimat danego miejsca jest również rodzaj podłoża. Charakter pokrycia terenu wpływa na wymianę energii między atmosferą i powierzchnią czynną, w tym m.in. na zdolność powierzchni do pochłonięcia i odbicia promieniowania słonecznego. Dlatego podjęto prace nad klasyfikacją klimatu lokalnego w zależności od rodzaju podłoża. W tym celu wykorzystano model użytkowania i pokrycia terenu Urban Atlas 2018 opracowany przez European Environment Agency (EEA) w ramach programu Copernicus – Land Monitoring Service [UA2018 2023]. Różnorodność rodzajów podłoża w Gorzowie została przedstawiona na rysunku 5. Następnie opracowano podział poszczególnych typów użytkowania i pokrycia terenu na podstawie zmodyfikowanej klasyfikacji topoklimatów zastosowanej przez Miszuka i in. [2014]. Bazuje ona m.in. na typologii wykorzystującej bilans cieplny powierzchni czynnej [Pasyński 1980] oraz na metodyce waloryzacji obszarów zurbanizowanych [Lewińska 2000]. Dodatkowo wykorzystano analizę topoklimatycznych właściwości różnych form użytkowania terenu przeprowadzoną przez Błażejczyka [2002]. W rezultacie poszczególne typy użytkowania i pokrycia terenu zostały przyporządkowane topoklimatom przyrodniczym, antropogenicznym i wodnym wraz z ich oceną od bardzo korzystnego do niekorzystnego wg następującego podziału:

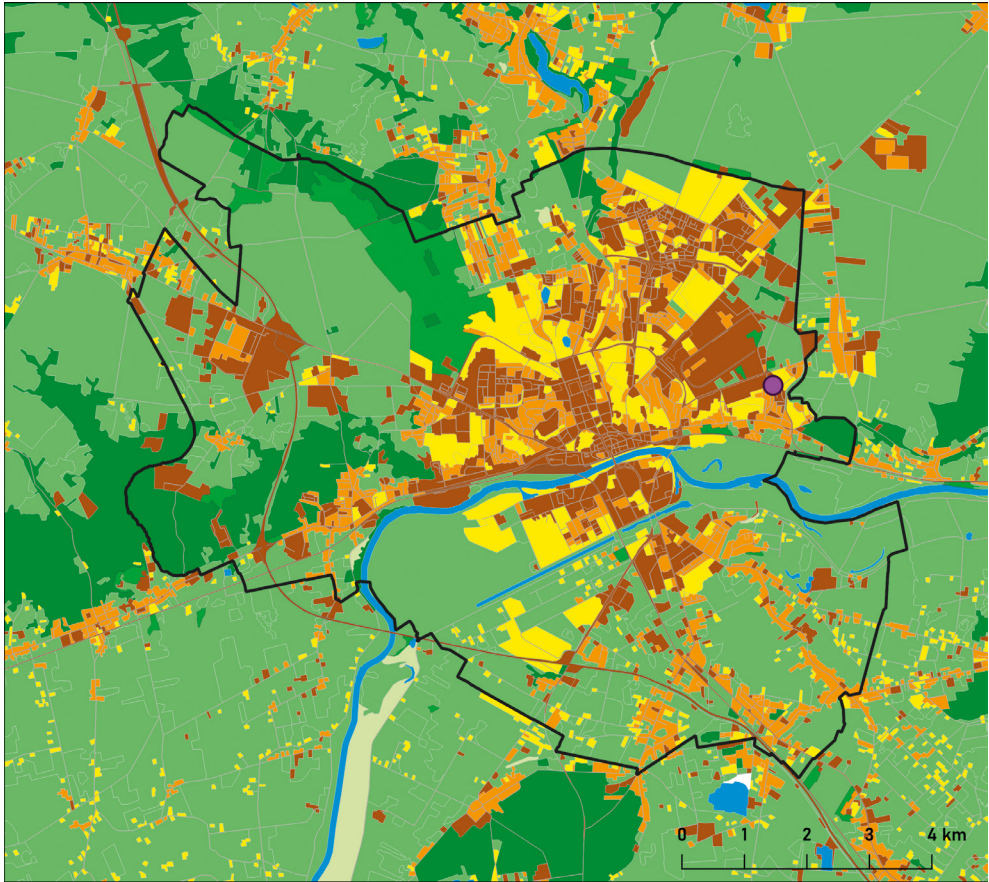
- topoklimaty przyrodnicze:
 - bardzo korzystne leśne – lasy;
 - bardzo korzystne – naturalna roślinność zielna i drzewiasta (ale nie lasy), sady, plantacje;
 - korzystne – grunty orne, pastwiska, łąki;
 - przeciętne – obszary podmokłe;
- topoklimaty antropogeniczne:
 - korzystne – miejskie tereny zielone, tereny sportowe i rekreacyjne, zabudowa odizolowana, zabudowa miejska rozproszona (<30%);
 - przeciętne – zabudowa miejska luźna (30-80%);
 - niekorzystne – zabudowa miejska zwarta (>80%), tereny przemysłowe i usługowe, drogi, tereny kolejowe, żwirownie, piaskownie, wysypiska, budowy;
- topoklimaty wodne – rzeki (tylko Warta), kanały, jeziora, zbiorniki sztuczne.

Dodatkowo przeprowadzono weryfikację sklasyfikowanych obszarów, m.in. przez porównanie z mapą temperaturą powierzchni gruntu i ortofotomapą oraz przez przeprowadzenie wizji terenowej w wybranych lokalizacjach. W wyniku tej analizy dokonano korekty przyporządkowania kilku terenów na obszarze miasta, głównie oznaczonych jako nieużytki lub tereny niesklasyfikowane. Zmieniono również przypisanie kilku obszarów, np. terenu parku przyszpitalnego przy ul. Walczaka (z obszaru usługowego na obszary miejskie zielone) oraz terenu boisk sportowych przy ul. Żwirowej (ze żwirowni na tereny sportowe).

Na powstałej w ten sposób mapie topoklimatów zaznaczają się obszary o różnym stopniu antropopresji (rys. 77). W obrębie granic miasta większość powierzchni (ponad 56%) stanowią topoklimaty przyrodnicze, głównie w postaci rozległych pól uprawnych w północno-zachodniej części Gorzowa i łąk w dolinie Warty. Najbardziej korzystne dla klimatu miejscowego użytki (lasy i naturalna roślinność drzewiasta, krzewiasta i zielna) zajmują ponad 12% powierzchni miasta. Topoklimaty antropogeniczne pokrywają 42% Gorzowa, w tym te uciążliwe dla człowieka – blisko 22%. Obszary z topoklimatem antropogenicznym korzystnym zajmują 11% powierzchni miejskiej. Są one rozmieszczone w różnych częściach miasta i oddzielają dzielnice o niekorzystnych cechach klimatu miejscowego. Mowa tu głównie o parkach miejskich (m.in. Słowiański, Kopernika, Siemiradzkiego), których pozytywny wpływ na klimat miasta jest widoczny również na mapie temperatury powierzchni (rys. 74-75). Topoklimaty wodne mają niewielki udział w kształtowaniu klimatu Gorzowa, stanowią 1,5% obszaru miasta.

Spojrzenie na mapę poza granice miasta wskazuje na wyraźną dominację topoklimatów przyrodniczych. Wynika to z obecności gruntów ornych na Równinie Gorzowskiej oraz łąk i pastwisk w Kotlinie Gorzowskiej. Rozległe obszary bardzo korzystnych topoklimatów leśnych rozpościerają się kilka kilometrów na północ od granic miasta (Puszcza Gorzowska) i na południe (lasy skwierzyńskie), a od zachodu do Gorzowa wkraczają klinem lasy Nadleśnictwa Bogdaniec.

Obecność dużych powierzchni topoklimatów przyrodniczych na zachodnich i południowo-zachodnich obrzeżach miasta jest czynnikiem poprawiającym warunki aerosanitarne Gorzowa, z tych sektorów bowiem notuje się najczęstsze kierunki wiatru. W ostatnich kilkunastu latach obserwowany jest niepokojący rozwój strefy przemysłowej na zachodzie miasta. Tendencja do zastępowania powierzchni biologicznie czynnych wielkopowierzchniowymi obiektami przemysłowymi pomiędzy Małyszynem i Baczyną będzie zakłócać funkcjonowanie naturalnych korytarzy przewietrzających Gorzów. Obawy Gorzowian powinny wywołać plany władz miasta otwierające możliwość zamiany gruntów ornych przy ul. Mironickiej na tereny zabudowy usługowej, produkcyjnej i magazynowej. Planowane przekształcenia obejmują obszar 2,6 km², co stanowi aż 3% powierzchni Gorzowa. Realizacja tych założeń spowoduje ograniczenie naturalnej wentylacji terenów zurbanizowanych oraz znaczne rozszerzenie strefy najwyższych wartości temperatury powierzchni w zachodniej części miasta, a zatem w sektorze skąd najczęściej powietrze napływa nad miasto.



Topoklimaty:

- | | | | |
|---|---------------------------------------|---------------------------------------|---|
| ■ | przyrodnicze – bardzo korzystne leśne | ● | Stacja Hydrologiczno-Meteorologiczna IMGW-PIB |
| ■ | przyrodnicze – bardzo korzystne | | granice administracyjne Gorzowa |
| ■ | przyrodnicze – korzystne | | drogi i koleje |
| ■ | przyrodnicze – przeciętne | | |
| ■ | antropogeniczne – korzystne | | |
| ■ | antropogeniczne – przeciętne | | |
| ■ | antropogeniczne – niekorzystne | | |
| ■ | wodne | | |

Rysunek 77. Topoklimaty w rejonie Gorzowa.

Osobliwości pogody i klimatu w rejonie Gorzowa

Głównym źródłem informacji o klimacie danego miejsca czy obszaru są najczęściej dane pochodzące z wieloletnich pomiarów prowadzonych na stacjach meteorologicznych. Doświadczenie autora wskazuje, że szereg zależności między zjawiskami atmosferycznymi umyka lub rozmywa się w „suchych” zestawieniach liczbowych. Część informacji o wyjątkowych sytuacjach w atmosferze jest odnotowywana przez obserwatorów w dziennikach meteorologicznych w formie uwag. Jednak komentarze te niemal nigdy nie trafiają do badaczy anali-

zujących dane klimatologiczne. Spostrzeżenia opisane w tym rozdziale powstały przede wszystkim na bazie wieloletnich obserwacji autora prowadzonych w rejonie Gorzowa.

Osobliwości klimatu i pogody obejmują lokalne pojawienie się, zanik, nasilenie lub osłabienie zjawisk atmosferycznych bądź też miejscową modyfikację parametrów meteorologicznych. Ich przyczyną jest najczęściej przebiegająca przez miasto równoleżnikowo ułożona dolina Warty oraz równoległa do niej krawędź wysoczyzny wznosząca się kilkadziesiąt metrów ponad lustro rzeki.

Mgły w dolinie Warty

Jak zaznaczono w rozdziale Zjawiska meteorologiczne, Gorzów na tle Polski jest miastem uprzywilejowanym pod względem liczby dni z mgłą. Główną przyczyną większej ich częstości jest obecność rzeki Warty wraz z szeroką na kilka kilometrów doliną, która w wielu miejscach jest wilgotna, poprzecinana kanałami i stanowi teren zalewowy. Podmokły charakter rozległej doliny Warty sprzyja pojawianiu się tam mgieł, które przy odpowiednich warunkach rozprzestrzeniają się również na inne części miasta, w tym w rejon stacji IMGW-PIB.

Dzięki specyficznemu położeniu stacji meteorologicznej w Gorzowie, na krawędzi wysoczyzny, możliwe jest obserwowanie mgieł zarówno w Kotlinie Gorzowskiej, jak i tych zalegających nad Równiną Gorzowską. Występujące w dolinie Warty (ale nie na stacji) mgły są notowane przez obserwatorów jako mgła odległa (w depeszy SYNOP liczba klucza ww = 40). Gorzów na tle innych stacji w Polsce ma jedną z najwyższych frekwencji mgły odległej – ok. 1,1% obserwacji rocznie w wieloleciu 2011-2020; częściej jest notowana tylko na niektórych stacjach wyżynnych i podgórskich: Kielce, Bielsko-Biała, Krosno i Lesko. Mgła w dolinie Warty może występować w każdym miesiącu, ale jej największa częstość przypada na wrzesień i październik, a najmniejsza na luty oraz czerwiec i lipiec. Na podstawie analizy zapisów w dziennikach meteorologicznych w latach 2011-2020 obliczono, że w Gorzowie średnia liczba dni z mgłą zalegającą w dolinie Warty, przy równoczesnym braku mgły na stacji, wyniosła 24,5. Uwzględniając tę wartość z liczbą dni z mgłą na stacji (68 dni w okresie 2011-2020) można szacować, że średnia roczna liczba dni z mgłą w dolinnej części Gorzowa wynosi ok. 90 dni rocznie, tj. o ok. 30-36% więcej niż na stacji. Wartość ta zbliżona jest do wyników obserwowanych na stacjach o największej średniej rocznej liczby dni z mgłą w Polsce (Zielona Góra, Chojnice, Kielce, Jelenia Góra), z wyjątkiem stacji wysokogórskich.

Na bardziej mglisty charakter pradoliny niż wysoczyzny już wcześniej zwracali uwagę badacze klimatu regionu, Prawdzic [1970] oraz Bubiń [1975]. Interesujące dane z lat 1955-1960 cytuje Kern [1969] – na ówczesnej stacji PIHM w Gorzowie położonej na krawędzi wysoczyzny średnia roczna liczba dni z mgłą wyniosła 43,0, a na odległej o 600 m stacji IUNG zlokalizowanej już na dnie doliny sięgnęła 46,1 dnia. Z kolei Prawdzic [1970] opublikował dane z lat 1958-1965, z których wynika, że na wysoczyznowej stacji w Gorzowie odnotowano średnio 42,6 dnia z mgłą, a na dolinnej stacji w Krzyżu (53 km w kier. ENE od Gorzowa) wartość sięgnęła aż 52,4 dnia. Zwraca uwagę znacznie mniejsza frekwencja mgieł w połowie XX w. w porównaniu z latami późniejszymi.

Mgły występujące w dolinie Warty należą przede wszystkim do mgieł radiacyjnych (powstających w wyniku wypromieniowania ciepła z gruntu) i radiacyjno-adwekcyjnych (gdy wypromieniowaniu ciepła towarzyszy napływ wilgotnej masy powietrza). W zależności od przebiegu warunków meteorologicznych zjawisko może przybierać różnicowany zasięg przestrzenny – od przyziemnych ławic po jednolitą warstwę o miąższości kilku, kilkunastu, a nawet kilkudziesięciu metrów (rys. 78). Przy sprzyjających okolicznościach mgła może wypełniać wszelkie rozcięcia wysoczyzny w obrębie miasta, np. dolinę Kłodawki, wąwóz z linią kolejową do elektrociepłowni oraz niżej położone rejonu

ulic Dobrej, Olimpijskiej, Głowackiego, Podmiejskiej, Sybiraków, Chabrowej. Dalszy rozwój mgły i zwiększanie jej pionowego zasięgu do kilkudziesięciu metrów sprawia, że zawiesina rozszerza się poza dolinę Warty i wchodzi na krawędź wysoczyzny (rys. 79). W obrębie stacji meteorologicznej wielokrotnie obserwowano, że mgła, która „wylała się” z doliny Warty na wierzchołkę z reguły nie rozprzestrzeniała się dalej niż do 300 m od krawędzi wysoczyzny.



Rysunek 78. Mgły w dolinie Warty widziane ze stacji IMGW-PIB w Gorzowie.



Rysunek 79. Mgła wypełniająca dolinę Warty (po prawej) i wznosząca się na krawędź wysoczyzny w rejonie Parku Czechówek (po lewej), 29 września 2013 r.

W dolinie Warty występują również mgły z wyparowania. Ten rodzaj zjawiska powstaje nad rzeką i rozlewiskami, których temperatura wody jest znacznie wyższa niż temperatura powietrza. Mgły z wyparowania mają z reguły zasięg ograniczony do koryta Warty i jego sąsiedztwa; przy mniej korzystnych warunkach mogą ograniczać się do ławic mgieł przyziemnych, których pionowy zasięg nie przekracza 2 m. Czynniki sprzyjające powstawaniu mgieł w dolinie Warty są: wieczorne, nocne i poranne wypromieniowanie ciepła, wysoka wilgotność, niska prędkość wiatru, wilgotne podłoże, w tym wysoki stan Warty lub okresy po wezbraniach, a także po większych opadach deszczu.

Opisane warunki sprzyjające częstszemu powstawaniu mgieł w rejonie Gorzowa przyczyniają się również do dłuższego zalegania tu zawiesiny, podczas gdy w innych miejscach ulegają szybszemu zanikowi. Jest to jeden z czynników utrudniających prognozowanie pogody; zalegająca mgła skutecznie odcina dopływ bezpośrednio promieniowania słonecznego, co wpływa m.in. na zakłócenie dobowego przebiegu temperatury powietrza. W chłodnej połowie roku podczas dłużej trwających mgieł niekiedy dochodzi do wytrącania się drobnych kropelek opadu w postaci mżawki, podczas gdy ogólna sytuacja synoptyczna nie wskazywałaby na możliwość wystąpienia opadów.

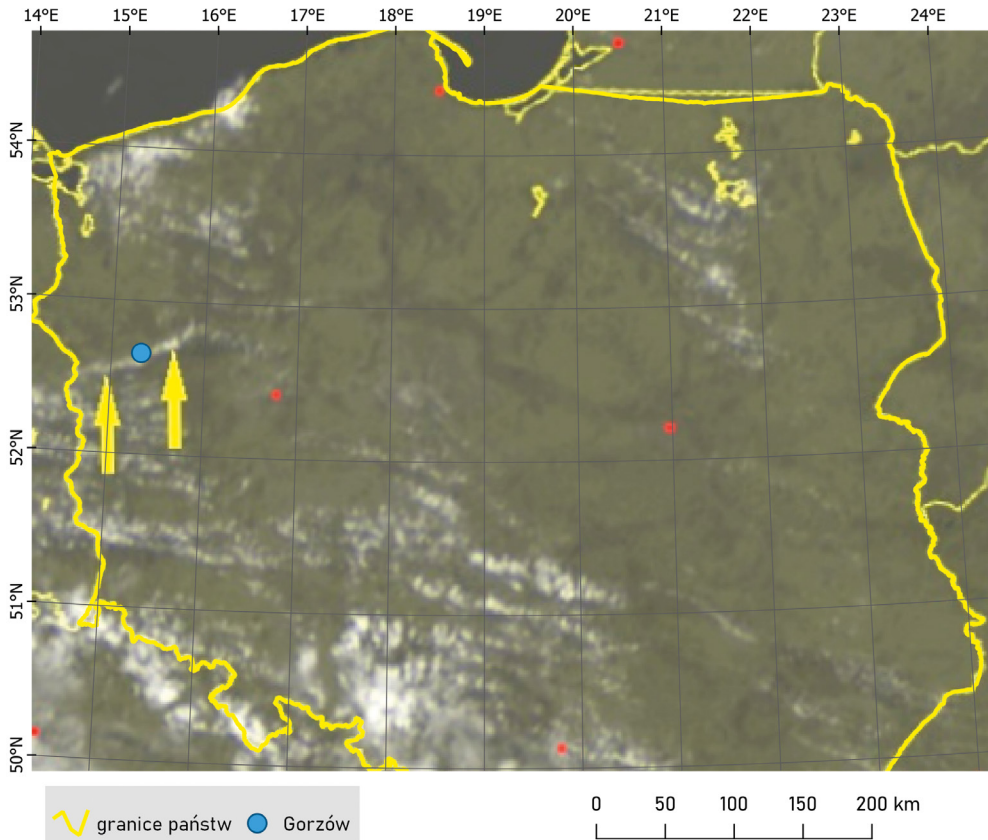
Podczas wieloletnich obserwacji stwierdzono, że sporadycznie, najwyżej do kilku razy w roku, zdarzają się sytuacje odwrotne, tzn. mgła jest widoczna ze stacji meteorologicznej tylko na obszarze wysoczyzny, natomiast w kierunku doliny Warty mgły nie ma, choć widzialność pozostaje ograniczona wskutek zamglenia. Przyczyną takiej sytuacji jest stopniowe obniżanie się wysokości podstawy chmur z rodzaju *Stratus* poniżej 100 m aż do zbliżenia ich do powierzchni gruntu wysoczyzny. Powstałe w ten sposób mgły na Równinie Gorzowskiej występują najczęściej podczas przechodzenia frontów ciepłych. Nieodłącznym zjawiskiem towarzyszącym mgłom frontowym są opady mżawki, mżawki z deszczem lub samego deszczu.

Chmury nad krawędzią wysoczyzny

Obecność wyraźnej krawędzi terenowej o wysokości 40-60 m, oddzielającej Kotlinę Gorzowską od Równiny Gorzowskiej, może powodować modyfikację prądów powietrznych w dolnej troposferze. Wiosną i latem przy słonecznej pogodzie i wietrze o umiarkowanej prędkości, wiejącym z południa i południowego wschodu (tj. prostopadle do przebiegu krawędzi), może powstać łańcuch chmur z rodzaju *Cumulus* ułożony równolegle do osi doliny. Wówczas chmury te rozwijają się niemal stacjonarnie, a jeśli osiągną umiarkowany lub zaawansowany etap rozwoju pionowego (gatunek *mediocris*, *congestus*), są widoczne także na zdjęciach satelitarnych w paśmie widzialnym. Szerokość tego pasa nie jest duża, z reguły nie przekracza 1 km, ale może on ciągnąć się na długości kilkudziesięciu, a nawet 100 km. Zasięg tego łańcucha chmur nawiązuje ściśle do przebiegu uskoku oddzielającego Pojezierze Południowopomorskie i Pradolinę Toruńsko-Eberswaldzką. W czasie tej sytuacji stacja meteorologiczna (zlokalizowana w obrębie górnej części krawędzi) znajduje się bezpośrednio pod takim łańcuchem chmur, przy czym zarówno na południe, jak i na północ od stacji występuje wyraźnie mniejsze zachmurzenie lub chmur nie ma w ogóle. Przyczyną powstania takiego układu chmur jest intensywniejsze nagrzewanie się południowej ekspozycji wspomnianej krawędzi terenowej, w obrębie której następuje szybsza inicjacja i rozwój prądów wznoszących sprzyjających powstawaniu chmur kłębiastych. Drugim czynnikiem sprzyjającym „gorzowskim Cumulusom” jest wiatr wiejący z kierunków południowych. Po przebyciu płaskiej doliny Warty prądy powietrzne napotykają wyraźną przeszkodę terenową, gdzie dochodzi do gwałtownego

wyniesienia porcji powietrza w górę, co również może być czynnikiem inicjującym powstanie chmur kłębiastych. Przeszkody terenowe, nawet te niewielkie, są czynnikiem sprzyjającym powstawaniu chmur kłębiastych podczas konwekcji termicznej i dynamicznej [Trepieńska 2002; Szewczak 2010].

Wyraźny przykład chmur kłębiastych nad krawędzią pradoliny zaobserwowano 22 maja 2012 r. W godzinach okołopołudniowych nastąpił szybki i wyraźny rozwój chmur kłębiastych w obrębie północnego skłonu Kotliny Gorzowskiej. Łańcuch chmur z przerwami ciągnął się 100 km – od Kostrzyna nad Odrą przez Gorzów aż po rejon Krzyża Wlkp. Na zdjęciu satelitarnym w paśmie widzialnym (rys. 80) widoczny jest wyraźny pas chmur *Cumulus* pokrywający się z przebiegiem krawędzi oddzielającej Pojezierze Południowopomorskie na północy od Pradoliny Toruńsko-Eberswaldzkiej na południu. W chwili wykonania zdjęcia satelitarnego na stacji meteorologicznej w Gorzowie obserwowano chmury *Cumulus mediocris* pokrywające 2/8 nieba, a ich podstawa sięgnęła wysokości ok. 2000 m. Bezpośrednio nad pradoliną było bezchmurnie, a dalej na południe, nad Pojezierzem Lubuskim rozwijały się rzędy chmur kłębiastych o mniejszym rozwoju pionowym. Z kolei na północ od widocznego łańcucha chmur zachmurzenie było śladowe.



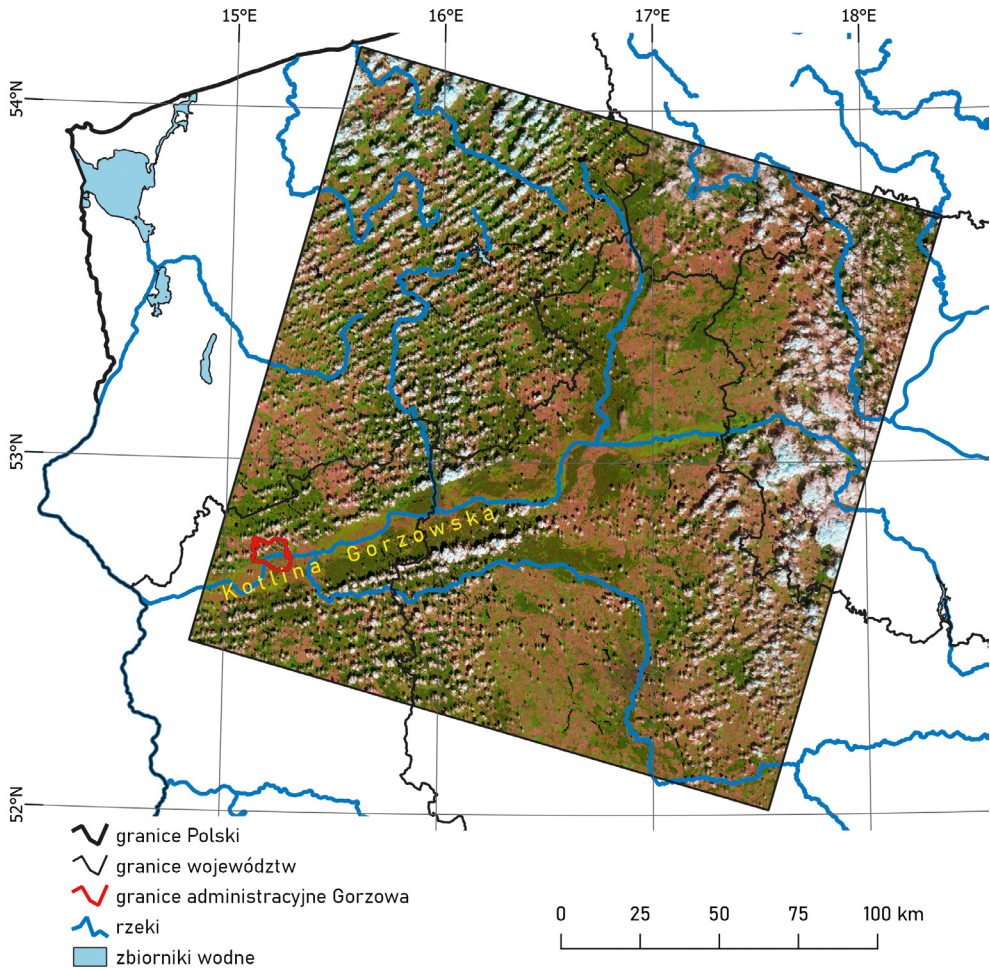
Rysunek 80. Zdjęcie satelitarne Polski w paśmie widzialnym w dniu 22 maja 2012 r. o godz. 13:00, strzałki wskazują rzędy chmur nad krawędzią Kotliny Gorzowskiej.

Źródło: [Sat24.com/Eumetsat/Met Office](https://pl.sat24.com), <https://pl.sat24.com>, dostęp 22 maja 2012 r.

Szlaki chmur Cumulus i bezchmurna dolina Warty

Kolejny przykład wpływu zróżnicowanego ukształtowania i pokrycia terenu na rozkład zachmurzenia został zaobserwowany w sytuacji rozwoju chmur kłębiastych układających się w struktury równoległe do kierunku wiatru. Taki układ w postaci naprzemiennych stref chmur *Cumulus* i nieba bezchmurnego jest nazywany szlakami *Cumulus*, a także bruzdami lub rzędami chmur kłębiastych [Szewczak 2010; Matuszko 2018]. Takie formacje chmurowe są również obserwowane w rejonie Gorzowa, jednak przy sprzyjających warunkach, m.in. przy wietrze południowo-zachodnim i zachodnim, dochodzi do ich osobliwego zaniku nad obszarem Kotliny Gorzowskiej. Prawdopodobnie polegającą na osłabieniu konwekcji termicznej nad obszarami pradolin i wzdłuż rzek opisał m.in. Ostrowski [1999]. Zanik rzędów chmur nad doliną jest najbardziej widoczny w przypadku chmur kłębiastych o niewielkim i umiarkowanym stopniu rozwoju (*Cumulus humilis* i *mediocris*).

Przykład opisanego zjawiska zaobserwowano m.in. 13 sierpnia 2019 r. Od ok. godz. 10:00 notowano rozwój chmur *Cumulus*, początkowo z gatunku *humilis*. Dwie godziny później, tj. w chwili wykonania zdjęcia satelitarne (rys. 81), na stacji notowano zachmurzenie 3/8 przez chmury *Cumulus mediocris* i *humilis*, których wysokość podstawy osiągnęła 1200 m. Pas bezchmurnego nieba ciągnął się wzdłuż doliny dolnej Warty i dolnej Noteci, jego szerokość wynosiła od 10 km na zachód od Gorzowa do 20 km w rejonie Czarnkowa. Zarówno na północ, jak i na południe od Kotliny Gorzowskiej występowały wyraźne szlaki chmur *Cumulus* ułożone zgodnie z kierunkiem wiatru. Najbardziej wypiętrzone formacje chmur wystąpiły nad Puszczą Notecką, nad północnym skłonem doliny Noteci w rejonie Krzyża i nad urozmaiconym terenem Pojezierza Pomorskiego. W samym mieście wówczas widoczna jest wyraźna granica oddzielająca niebo pogodne nad doliną i częściowo pokryte chmurami kłębiastymi nad północnymi dzielnicami (rys. 82). W rejonie Gorzowa taki charakterystyczny układ obserwowany bywa kilka razy w roku.



Rysunek 81. Zdjęcie satelitarne Polski północno-zachodniej w paśmie widzialnym w dniu 13 sierpnia 2019, godz. 11:50 (kompozycja RGB Natural Color, Landsat-8/OLI B6-B5-B4).

Źródło: Landsat Level-1 Data Product – dzięki uprzejmości U.S. Geological Survey.



Rysunek 82. Granica zachmurzenia kłębiastego ciągnąca się wzdłuż krawędzi wysoczyzny (widok ze stacji IMGW-PIB w Gorzowie w kier. zachodnim, po lewej dolina Warty, po prawej wysoczyzna), 14 lipca 2023 r., godz. 13:15.

Niskie chmury Stratus

Inną charakterystyczną cechą zachmurzenia w rejonie Gorzowa jest częstsza obecność niskich chmur warstwowych *Stratus*, których wysokość podstawy obniża się do mniej niż 200 m nad gruntem. Dla przeciętnego mieszkańca nie jest to zjawisko zauważalne, a co bardziej spostrzegawczy mogą dostrzec obecność niskich chmur jako przesłonięcie od góry najwyższego w mieście, 150-metrowego, komina elektrociepłowni. Częstość pojawiania się niskich chmur *Stratus* o wysokości podstawy poniżej 200 m w Gorzowie jest jedną z większych w zachodniej części Polski oraz znacznie większa niż na sąsiednich stacjach w Słubicach, Szczecinie, a także niemieckim Manschnow i Angermünde. Podobnie jak w Gorzowie, większą frekwencję niskich chmur notuje się w Zielonej Górze, w której stacja znajduje się na wzniesieniu górującym o 100-140 m ponad okoliczny teren. Zatem czynnikiem sprzyjającym częstszemu pojawianiu się chmur o podstawie poniżej 200 m może być ulokowanie stacji na wzniesieniu. Warto bliżej przyjrzeć się tej osobliwości, gdyż lokalna obecność chmur o niskiej podstawie jest trudna w prognozowaniu, a jednocześnie kluczowa w funkcjonowaniu transportu lotniczego w regionie. Zaobserwowano trzy sytuacje meteorologiczne, w czasie których w rejonie Gorzowa chmury o niskiej podstawie są obserwowane częściej niż w sąsiednich stacjach.

1. Na froncie ciepłym. Przy przechodzeniu frontów atmosferycznych (ciepłych lub okluzji ciepłych) z rozległymi strefami jednostajnych opadów deszczu pojawiające się w rejonie Gorzowa niskie chmury *Stratus*

sprawiają, że oprócz deszczu występują również częste opady mżawki, a nierzadko także mgły frontowe. Dane klimatologiczne potwierdzają, że spośród wszystkich stacji meteorologicznych w Polsce zachodniej to w Gorzowie częściej notowane są opady mżawki i mżawki z deszczem (nawet 2-3 krotnie częściej niż w sąsiednich Słubicach, Poznaniu czy Szczecinie).

2. Przy adwekcji chłodu. Po przejściu strefy opadów przelotnych (często związanej z frontami chłodnymi) w napływającej chłodnej i wilgotnej masie świeżego powietrza pojawia się obszar roz pogodzeń z bardzo dobrą przejrzystością powietrza. W tych warunkach, zwłaszcza w godzinach wieczornych, nocnych i rannych, w obrębie krawędzi wyczożyny i nad samą wyczożyną pojawiają się strzępy niskich chmur *Stratus* pędzonych silnym, turbulentnym wiatrem z kierunków od zachodniego do północnego. Z reguły nie tworzą one zwartej powłoki i nie przesłaniają nieba całkowicie, zanikają po 1-2 godzinach, a ich obecność nie jest obserwowana na innych stacjach.
3. Z mgły. W warunkach wyżowej pogody, zalegająca mgła w dolinie Warty ulega zanikowi najczęściej 1-3 godzin po wschodzie Słońca i przekształca się w strzępy chmur *Stratus* o bardzo niskiej podstawie (do 50 m nad gruntem), które mogą przez kolejne 1-2 godziny przemieszczać się w rejonie Gorzowa. W specyficznych warunkach, z reguły przy słabym oddziaływaniu promieni słonecznych i małej prędkości wiatru, podnosząca się o kilkadziesiąt metrów mgła tworzy rozległy płat chmur *Stratus* o wysokości podstawy 30-150 m, który znad doliny rozlewa się nad obszar Równiny Gorzowskiej, obejmując prawobrzeżną część miasta. Nierzadko sytuacja taka utrzymywana może kilkanaście, kilkadziesiąt godzin.



Rysunek 83. Chmura Stratus powstająca z unoszącej się mgły nad doliną Warty w Gorzowie, 2 października 2011 r.

Chmury i opady antropogeniczne

Jednym z większych zakładów przemysłowych w Gorzowie jest elektrociepłownia położona we wschodniej części miasta. Charakterystycznym elementem zakładu od lat jest biało-czerwony komin o wysokości 150 m i znajdująca się obok 75-metrowa chłodnia kominowa – oba obiekty są odległe od stacji meteorologicznej o ok. 1100 m w kierunku NNW. Emitowane z chłodni duże ilości pary wodnej w sprzyjających warunkach mogą doprowadzić do powstania mniej lub bardziej trwałych chmur. W chłodnej porze roku, w zasięgu wyżu i wilgotnej masy powietrza przy emisji dużych porcji wilgoci pojawia się niekiedy postrzępiona warstwa niskich chmur *Stratus* mająca swe źródło w chłodni kominowej. Chmury te napływają nad stację meteorologiczną tylko przy wietrze z północnego zachodu i północy, wówczas możliwa jest ich bliższa obserwacja i pomiar. Wysokość podstawy antropogenicznych chmur warstwowych sięga w rejonie stacji 50-200 m nad gruntem.

Większym zasięgom przestrzennym chmury warstwowej o pochodzeniu przemysłowym sprzyjają: większa wilgotność powietrza, mniejsza prędkość wiatru oraz stan stały równowagi powietrza. W suchej masie powietrza emitowana z chłodni kominowej para wodna prowadzi do powstania niewielkich i szybko zanikających strzępów chmur. Ze względu na lokalny charakter zjawiska i brak dostatecznej możliwości jego prognozowania, chmury wytworzone wskutek działalności człowieka przysparzają kłopotów synoptikom i pilotom. Przypadki chmur mających swe źródło w chłodni kominowej są klasyfikowane przez obserwatorów jako *Stratus fractus homogenitus*, a ich frekwencję ocenia się na kilka, kilkanaście przypadków rocznie.

Nierzadko obserwowano, że antropogeniczne chmury warstwowe były źródłem opadu słabej mżawki (przy braku opadów na sąsiednich stacjach). Pojedyncze obserwacje terenowe potwierdziły, że w promieniu do kilkuset metrów od chłodni kominowej natężenie mżawki może osiągać natężenie umiarkowane, a nawet silne. Na stacji odnotowywano przypadki, że przy tzw. zgniłych wyżach, pod rozległą warstwą chmur warstwowych obejmującą znaczne obszary (kilka województw) i przy ujemnej temperaturze powietrza, dopływ wilgoci z chłodni kominowej inicjował wypadanie marznącej mżawki powodującej gołoledź o wybitnie lokalnym charakterze. Taka sytuacja wystąpiła m.in. 23 stycznia 2013 r., kiedy to przy temperaturze powietrza ok. -7°C wystąpiła słaba marznąca mżawka z chmur powstałych wskutek silnej emisji pary wodnej z chłodni elektrociepłowni w Gorzowie. Zjawisko miało niewielki zasięg przestrzenny, było ograniczone do małej powierzchni miasta.

Zimą, podczas mroźnych dni obserwowane było także powstawanie chmur kłębiastych o małym i umiarkowanym rozwoju pionowym, zainicjowanych wskutek emisji zanieczyszczeń ze 150-metrowego komina elektrociepłowni. Powstałe w ten sposób chmury, klasyfikowane jako *Cumulus fractus, humilis, mediocris homogenitus*, ciągnęły się zazwyczaj łańcuchem o długości – w zależności od warunków pogodowych – od kilkudziesięciu metrów do kilku kilometrów od źródła.



Rysunek 84. Chmura *Cumulus humilis homogenitus* pochodząca z emisji elektrociepłowni w Gorzowie, 27 grudnia 2008 r.

Cyrkulacja wysoczyznowo-dolinna

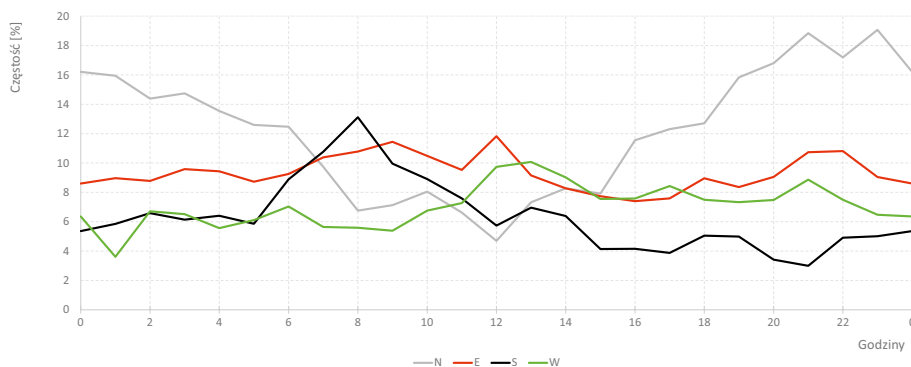
Z wieloletnich spostrzeżeń nad zmiennością kierunków wiatru na stacji meteorologicznej w Gorzowie wynika, że w określonych warunkach może występować wiatr mający cechy cyrkulacji lokalnej, zwanej w literaturze cyrkulacją górsko-dolinną [Trepieńska 2002]. Jest ona definiowana jako występowanie w cyklu dobowym ruchów powietrza spowodowanych różnym nagrzewaniem i wychładzaniem powierzchni dolin i zboczy gór [Słownik Meteorologiczny 2003]. Przejawem tych ruchów jest wiatr dolinny i górski. Pierwszy z nich powstaje w ciągu dnia i jest skierowany od najniższych części dolin ku wyżej położonym rejonom. Z kolei wiatr górski rozwija się nocą, kiedy chłodne powietrze spływa ze szczytów, wierzchołków i wyższych odcinków dolin w ich niższe partie. Grawitacyjne spływy chłodnego powietrza mogą pojawić się już na stokach o nachyleniu 2° [Trepieńska 2002].

Do zbadania tego zjawiska w rejonie Gorzowa wykorzystano minutowe wartości kierunków wiatru (wartości średnie 10-minutowe z dokładnością do 1°) z okresu 2011-2020. Po wnikliwej analizie danych dalsze badania ograniczono do 3 miesięcy (maj-lipiec) oraz do 24 obserwacji na dobę, podczas których średnia prędkość wiatru nie przekroczyła 3 m/s. Wybór miesięcy wiosenno-letnich miał na celu ograniczenie wpływu czynników cyrkulacyjnych, a jednocześnie możliwie duże uwzględnienie przyczyn radiacyjnych, wynikających z dopływu promieniowania słonecznego. Taki dobór danych minimalizuje potencjalny efekt „rozmycia” dobowych przebiegów, wynikający ze zmieniających się terminów wschodów i zachodów Słońca.

Stacja meteorologiczna w Gorzowie położona jest na krawędzi wysoczyzny, która opada stromym stokiem do dna doliny Warty w kierunku południowym. Na dystansie ok. 600 m teren obniża się o ok. 50 m, co daje nachylenie sięgające 4-5°. Takie warunki terenowe sprzyjają powstawaniu lokalnych ruchów powietrza o charakterze cyrkulacji górsko-dolinnej, przy czym w warunkach nizinnych adekwatnym określeniem będzie cyrkulacja wysoczyznowo-dolinna. Symptomy tego zjawiska są zauważalne w Gorzowie w cieplej porze roku, w sytuacji słabego gradientu ciśnienia i podczas pogody bezchmurnej lub z niewielkim zachmurzeniem.

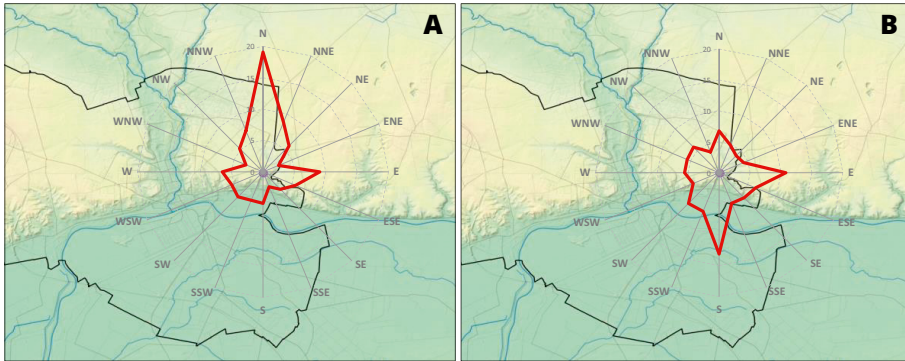
Spośród wszystkich kierunków wiatru (po dokonaniu wyżej opisanej selekcji danych) największym zróżnicowaniem dobowym odznacza się przebieg częstości wiatru z kierunku północnego. Minimum dobowe z tego sektora następuje około południa, a wyraźny wzrost jego udziału zaczyna się od godzin późnopołudniowych. Wiatr północny przez całą noc ma największą frekwencję spośród wszystkich kierunków, z dobowym maksimum w godzinach 21-23, i przewyższa pozostałe kierunki 2-, 4-krotnie (rys. 85). Wieczorny i nocny przepływ powietrza z wysoczyzny w kierunku doliny Warty ma znamiona wiatru górskiego, który w warunkach Gorzowa można nazwać wiatrem wysoczyznowym (rys. 86A, 87A).

W godzinach porannych, 1-4 godzin po wschodzie Słońca, pojawia się wyraźne dobowe maksimum częstości występowania wiatru z kierunku południowego, o godz. 8:00 kierunek ten ma największą frekwencję spośród głównych sektorów (rys. 85). Poranny i przedpołudniowy wiatr z kierunku południowego, a zatem wiejący od dna doliny Warty w stronę wysoczyzny, ma wyraźne symptomy wiatru dolinnego (rys. 86B, 87B).

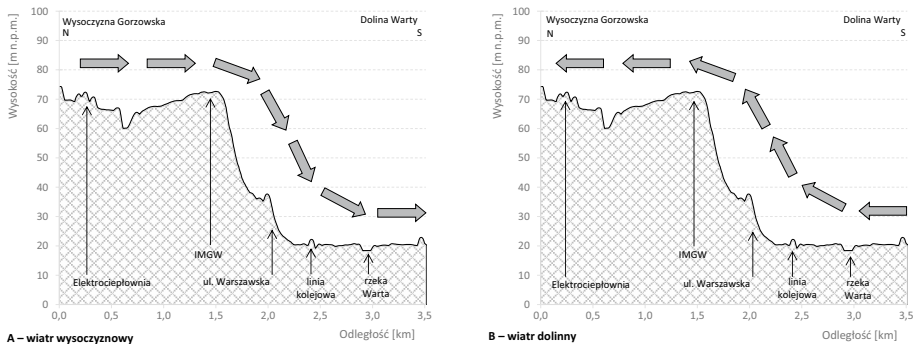


Rysunek 85. Dobowy przebieg częstości głównych kierunków wiatru w Gorzowie w wieloletniu 2011-2020 (róża wiatrów 8-kierunkowa, tylko terminy ze średnią prędkością 1-3 m/s w okresie od maja do lipca).

Występowanie cyrkulacji wysoczyznowo-dolinnej w rejonie Gorzowa należy uznać za czynnik pozytywnie wpływający na klimat lokalny. Zjawisko to pojawia się z reguły podczas słabogradientowej sytuacji barycznej, o niewielkich prędkościach wiatru, nierzadko z ciszami, z tendencją do tworzenia się inwersji. Warunki te sprzyjają koncentracji zanieczyszczeń w przyziemnej warstwie powietrza. Wiatry wysoczyznowe i dolinne, choć osiągają niewielkie prędkości, to prowadzą do naturalnej wentylacji, mieszania powietrza i rozrzedzania stężenia zanieczyszczeń.



Rysunek 86. Częstość kierunków wiatru o godz. 23:00 (A) i 8:00 (B) w Gorzowie w wieloletniu 2011-2020 (tylko terminy ze średnią prędkością 1-3 m/s w okresie od maja do lipca).



A – wiatr wysoczyznowy

B – wiatr dolinny

Rysunek 87. Schemat cyrkulacji wysoczyznowo-dolinnej w rejonie krawędzi Wysoczyzny Gorzowskiej: A – wiatr wysoczyznowy (wieczorem), B – wiatr dolinny (rano).

Bryza miejska

Drugą z dostrzeżonych lokalnych cyrkulacji jest przepływ powietrza o cechach bryzy miejskiej. Jest ona efektem miejskiej wyspy ciepła, tj. obszaru podwyższonej temperatury powietrza na terenach zurbanizowanych w porównaniu do chłodniejszych terenów pozamiejskich. Cyrkulacja ta polega na napływie powietrza z obszarów pozamiejskich do centrum miasta, a następnie unoszeniu w górę i odpływie w kierunku peryferii [Kowanetz 2007]. Stacja meteorologiczna w Gorzowie jest położona we wschodniej części miasta, zatem potencjalna bryza miejska powinna uwidaczniać się w zwiększonej częstości występowania wiatru z kierunku wschodniego, wiejącego w kierunku centrum Gorzowa.

Dobowy przebieg frekwencji wiatru z głównych kierunków (rys. 85, dane od maja do lipca w okresie 2011-2020 obejmujące obserwacje ze średnią prędkością wiatru 1-3 m/s) ujawnia uprzywilejowanie kierunku wschodniego nad zachodnim przez większą część doby. Wiatr wschodni (podobnie jak północny) osiąga dobowe maksimum częstości w godz. 9-12 i 21-22. Warto odnotować, że do godzin południowych wiatr wschodni jest najczęściej notowanym kierunkiem w ciągu doby. Z kolei wieczorna kulminacja fre-

kwencji wiatru wschodniego może mieć związek z intensywnym rozwojem miejskiej wyspy ciepła przypadającym właśnie na późne godziny wieczorne. Zwiększanie się różnicy temperatury powietrza między centrum miasta a terenem pozamiejskim intensyfikuje lokalną cyrkulację powietrza nad miastem [Fortuniak 2003].

Występowanie bryzy miejskiej może mieć pozytywny wpływ na jakość powietrza w Gorzowie. Napływ powietrza z nad obszarów rolniczych, leśnych i niezurbanizowanych, a takie przeważają w okolicy, przynosi pożądany w mieście efekt wentylacji i napływu świeżego powietrza. Uwzględniając warunki terenowe rejonu Gorzowa należy przypuszczać, że zachodzi nakładanie się lokalnej cyrkulacji miejskiej z cyrkulacją wysoczyznowo-dolinną (rys. 85, 86B). Podobne współlistnienie obu typów lokalnych przepływów powietrza jest obserwowane w innych miastach o urozmaiconej rzeźbie terenu, m.in. w Krakowie [Kowanetz 2007] oraz Tarnowie [Gabała 2017]. Należy uzupełnić, że na stosunkowo duży udział wiatru z kierunku wschodniego w Gorzowie może mieć również wpływ niemal równoleżnikowy przebieg Pradoliny Toruńsko-Eberswaldzkiej. Taki układ doliny może modyfikować przyziemny przebieg strug powietrza i faworyzować kierunki zgodne z układem doliny Warty.

Cieplejsze wieczory i noce, chłodniejsze poranki

Wielokrotnie podkreślany wpływ położenia stacji na krawędzi wysoczyzny na warunki meteorologiczne ujawnia się także w dobowym przebiegu temperatury powietrza. W godzinach nocnych, podczas intensywnego wypromieniowania ciepła (przy małym zachmurzeniu i niewielkiej prędkości wiatru) w obrębie wierzchołków i zboczy notuje się z reguły wyższe wartości temperatury powietrza niż w dolinach [Hess i in. 1989; Trepińska 2002]. Charakterystyczne podwyższenie wartości temperatury minimalnej notuje się w Zielonej Górze [Urban 2020]. Stacja jest tam położona w jednym z najwyższych punktów miasta, górującym ponad 100 m nad okolicznymi terenami – to najbardziej wyraźny taki przypadek spośród stacji synoptycznych w Polsce.

Prowadzone przez autora analizy bieżącej sytuacji meteorologicznej w Polsce, potwierdzone wynikami zestawień klimatologicznych ze stacji synoptycznych w Polsce (2001-2020), pozwoliły nakreślić trzy osobliwości termiczne stacji meteorologicznej w Gorzowie: wyższa temperatura minimalna, niższa temperatura powietrza rano i wyższa temperatura powietrza wieczorem. Zjawiska te uwidaczniają się w warunkach pogody radiacyjnej.

Średnia roczna temperatura minimalna w latach 2001-2020 w Gorzowie wyniosła 5,9°C i jest jedną z najwyższych w Polsce; jest wyższa niż w najcieplejszych w Polsce Słubicach i Wrocławiu. Nocnym spadkiem temperatury powietrza w Gorzowie nie sprzyja położenie stacji w pobliżu krawędzi wysoczyzny gwałtownie opadającej 50 m w kierunku doliny Warty.

Położenie stacji wpływa również na specyficzny dobowy przebieg temperatury powietrza w warunkach pogody radiacyjnej. Przeprowadzono analizę porównawczą średnich godzinowych wartości temperatury powietrza na stacjach synoptycznych w Polsce (2001-2020). W porównaniu do okolicznych stacji, dobowy przebieg temperatury powietrza w Gorzowie w półroczu cieplem wyróżnia się wyższymi wartościami w godzinach wieczornych i w pierwszej połowie nocy oraz niższymi wartościami w godzinach porannych.

Chłodniejsze poranki w Gorzowie, zwłaszcza w godz. 8-9, mogą wynikać z kilku powodów. Jednym z nich jest zwiększona frekwencja porannych mgieł, których obecność nad stacją po wschodzie Słońca znacznie re-

dukuje dopływ promieniowania słonecznego jednocześnie ograniczającego nagrzewanie gruntu i powietrza. Należy również nakreślić bezpośrednie otoczenie stacji meteorologicznej – w odległości 50-80 m w kierunku NE-SE od ogródka meteorologicznego wybudowano pod koniec lat 80. XX w. rząd domów jednorodzinnych o wysokości do 8 m, które tworzą przeszkodę o wysokości 5-8° nad horyzontem. W zależności od pory roku zabudowa ta blokuje dopływ bezpośredniego promieniowania słonecznego do klatki meteorologicznej przez 40-90 minut od momentu wschodu Słońca. Zatem czynnik inicjujący nagrzewanie gruntu w obrębie ogródka przychodzi z dużym opóźnieniem w porównaniu do innych stacji meteorologicznych.

Wyższa temperatura powietrza w godzinach wieczornych w czasie pogody z małym zachmurzeniem i małą prędkością wiatru wynika przede wszystkim z faktu, że w obrębie wypukłych form terenu nie ma dogodnych warunków do utrzymywania się chłodnego powietrza, spływa ono grawitacyjnie do niższej położonych obszarów [Okołowicz 1969]. Największe uprzywilejowanie termiczne stacji w Gorzowie ujawnia się w cieplej połowie roku o godz. 21, ale często przeciąga się do godz. 2 w nocy. W większości przypadków jeszcze wyższe temperatury po godz. 22 notowane są we wspomnianej już w Zielonej Górze. Dodatkowym czynnikiem utrudniającym wieczorne spadki temperatury powietrza w Gorzowie może być inicjowany przy zachodzie Słońca wiatr wysoczyzny.

Ciepły charakter wieczorów ujawnił się w badaniach Stopy [1968] nad rozkładem temperatury powietrza w Polsce. Autorka w analizie opartej na 10-letnim okresie pomiarowym (1951-1960) wskazuje Gorzów jako miasto z najwyższą średnią temperaturą powietrza w terminie wieczornym.

Skrajny przypadek najcieplejszego wieczoru w Polsce miał miejsce w Gorzowie w godzinach wieczornych 30 czerwca 2019 r. Po bardzo upalnym (temperatura maksymalna 36,5°C), suchym i bezchmurnym dniu nastąpił stosunkowo powolny spadek temperatury. O godz. 22:00 notowano jeszcze 31,9°C – o tej porze nigdy w Polsce nie zmierzono tak wysokiej temperatury powietrza. Co ciekawe, między terminami pomiarowymi, o godz. 22:20 zarejestrowano jeszcze wyższą wartość, tj. 32,1°C.

Nadzwyczajny zasięg widzialności z krawędzi wysoczyzny

Ze stacji meteorologicznej w Gorzowie, podobnie jak z całej krawędzi wysoczyzny przecinającej miasto, rozciąga się rozległy widok w kierunku SE-SW. Spoglądając na południe na pierwszym planie widoczna jest Warta płynąca dnem Pradoliny Toruńsko-Eberswaldzkiej. Linię horyzontu wyznaczają wzgórza Pojezierza Lubuskiego i Wielkopolskiego odległe od stacji o ok. 20-30 km (rys. 88).

W sprzyjających warunkach atmosferycznych, zwłaszcza przy napływie świeżych mas powietrza morskiego pochodzenia polarnego i arktycznego, ze stacji meteorologicznej można dostrzec wyjątkowo odległe – jak na warunki nizinne – budowle (rys. 89). Obiekty o znanej odległości od stacji są nazywane reperami i służą do oceny widzialności przez obserwatorów, czyli stopnia przezroczystości przyziemnej warstwy powietrza. Najdalszymi reperami stacji w Gorzowie są:

- maszt Radiowo-Telewizyjnego Centrum Nadawczego w Jemiołowie (gm. Łągów), odległość 44 km w kierunku S (rys. 90A);
- zespół elektrowni wiatrowych koło Kowalowa i Lubiechni Wielkiej (gm. Rzepin), odległość 52 km w kierunku SW (rys. 90B);
- zespół elektrowni wiatrowych koło Golic (gm. Słubice), odległość 54 km w kierunku SW;
- zespół elektrowni wiatrowych koło Glińska (gm. Świebodzin), odległość 54 km w kierunku SSE (rys. 90C);

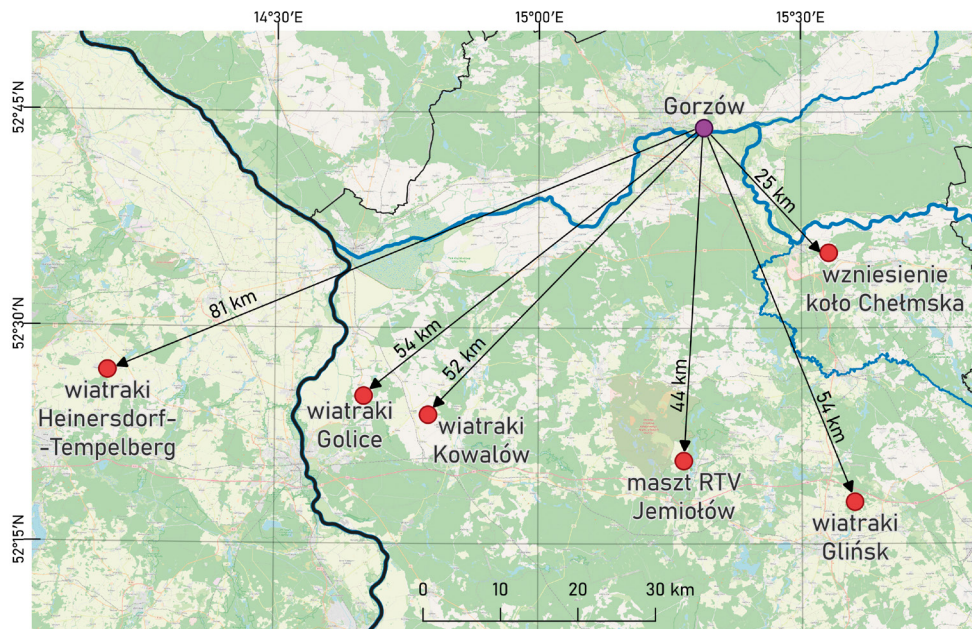
Jakub Soroka

- zespół elektrowni wiatrowych koło Heinersdorf i Tempelberg (Brandenburgia), odległość 81 km w kierunku WSW – to najdalszy naziemny obiekt widoczny ze stacji w Gorzowie (rys. 90D).

W ostatniej dekadzie wymienione wyżej obiekty były widoczne z Gorzowa ze średnią częstotliwością roczną od 1-2 dni w przypadku niemieckich elektrowni wiatrowych do nawet ponad 100 dni w przypadku masztu w Jemiołowie. W porze dziennej obiekty te są trudniej dostrzegalne, natomiast w godzinach nocnych można łatwiej je zidentyfikować dzięki oświetleniu.



Rysunek 88. Widok ze stacji IMGW-PIB w Gorzowie w kierunku SSW. Niżej widoczne os. Janice, na środkowym planie Warta i jej rozlewiska, w tle lasy na wzniesieniach Pojezierza Lubuskiego, 7 lutego 2011 r.



Rysunek 89. Schemat najdalszych reperów do określania widzialności na stacji IMGW-PIB w Gorzowie.

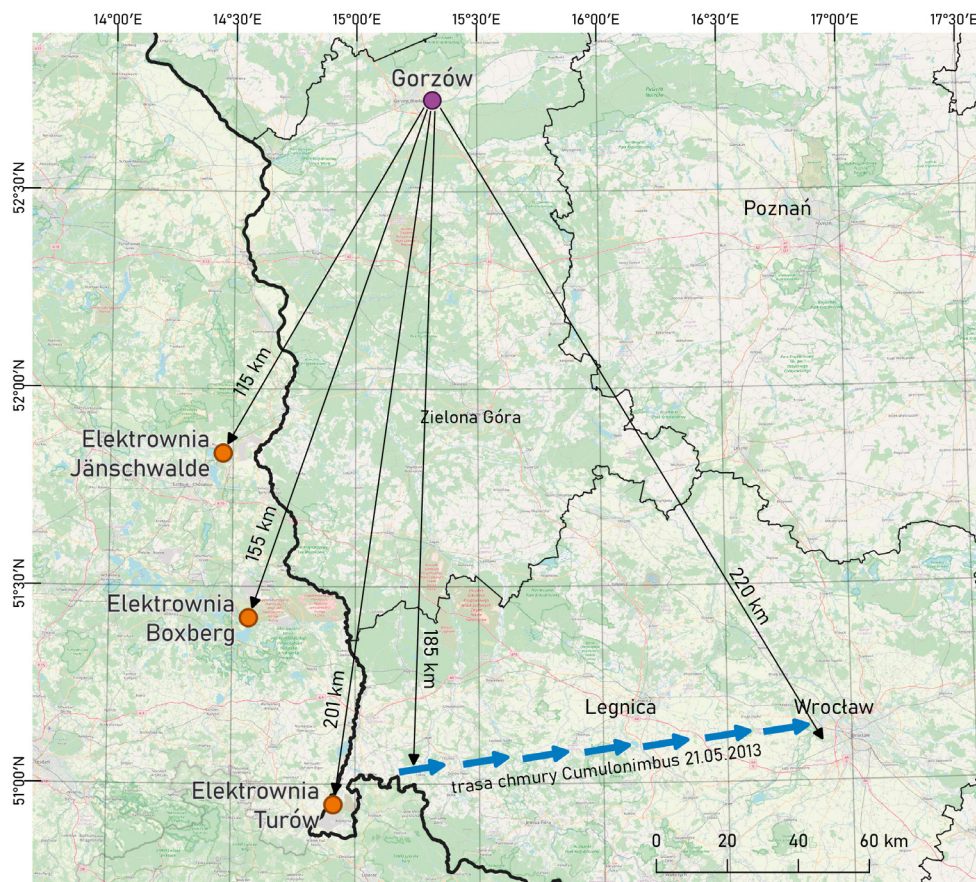


Rysunek 90. Wybrane repery widzialności obserwowane ze stacji IMGW-PIB w Gorzowie (oznaczenia w tekście).

Z gorzowskiej stacji kilkakrotnie obserwowano jeszcze dalsze obiekty – produkty kondensacji pary wodnej (zarówno naturalnej, jak i antropogenicznej) znajdujące się w środkowej i górnej warstwie troposfery. Jedną z takich sytuacji odnotowano 21 maja 2013 r. w godz. 20:15-21:20, kiedy to w kierunku SSE-SSW obserwowano efektownie podświetlone promieniami zachodzącego Słońca rozbudowane chmury *Cumulonimbus* z gatunku *calvus* i *capillatus*, znajdujące się nad Pogórzem Łużyckim, Pogórzem Izerskim, Górami Kaczawskimi w rejonie Legnicy, to 180-200 km od stacji (rys. 91, 92). Z tych chmur nad Legnicą i Wrocławiem rozwinęła się burza, a jej wyładowania atmosferyczne były widoczne z Gorzowa w godz. 22:15-23:10 (w zasięgu do 220 km).

Równie spektakularny widok zaobserwowano 14 sierpnia 2017 r. w godzinach porannych. Tuż nad horyzontem w kierunku południowym widoczne były trzy słupy chmur pochodzące z kondensacji pary wodnej emitowanej z chłodni kominowych następujących elektrowni (rys. 91, 93):

- Elektrownia Jänschwalde (południowo-wschodnia Brandenburgia, Niemcy) odległa o 115 km w kier. SSW;
- Elektrownia Boxberg (wschodnia Saksonia, Niemcy) odległa o 155 km w kier. SSW;
- Elektrownia Turów (pow. zgorzelecki, woj. dolnośląskie) odległa o 201 km w kier. S.



Rysunek 91. Zasięg obserwacji najdalszych chmur widzianych ze stacji IMGW-PIB w Gorzowie.



Rysunek 92. Chmury *Cumulonimbus* nad Górami Kaczawskimi (po prawej) i Legnicą (po lewej) widziane ze stacji IMGW-PIB w Gorzowie, 21 maja 2013 r.



Rysunek 93. Chmury antropogeniczne nad elektrowniami: Jänschwalde (1), Boxberg (2), Turów (3) widziane ze stacji IMGW-PIB w Gorzowie, 14 sierpnia 2017 r.

Nadzwyczajne zjawiska pogodowe w powojennym Gorzowie

W tym rozdziale zostaną przybliżone wybrane epizody pogodowe jakie zapisały się w dziejach miasta po 1945 r. Źródłem informacji w tej części pracy były, oprócz dzienników i zestawień meteorologicznych stacji, artykuły z prasy lokalnej [WiMBP 2023] opisujące skutki zjawisk pogodowych w Gorzowie i regionie. Na życie miasta najsilniej oddziaływały długotrwałe mroźne i śnieżne zimy. Niszczący charakter w chłodnej połowie roku miały również wichury, a w cieplej – burze z ulewnym deszczem i gradem.

ZIMA 1946/47

Była najmroźniejszą zimą w powojennych dziejach Gorzowa. Wskaźnik ostrości zim wg Paczosa [1982] osiągnął 5,54, co w warunkach klimatu Polski oznacza zimę umiarkowanie mroźną. Cechą tej pory roku było kilka fal mrozów przeplatanych odwilżami. Mroźna pogoda rozpoczęła się w drugiej dekadzie grudnia 1946 r., a okres najsilniejszych mrozów przypadł na pierwszą połowę stycznia. 6 stycznia 1947 r. odnotowano minimalną temperaturę powietrza $-20,1^{\circ}\text{C}$. Najdłuższa fala mrozów trwała od 21 stycznia do końca lutego 1947 r., przez 39 dni temperatura powietrza utrzymywała się poniżej 0°C , w tym przez 27 nocy odnotowano spadki poniżej -10°C . Jeszcze w połowie marca temperatura spadała do -15°C . Największe zagrożenie pojawiło się ze strony Warty, skutej lodem od tygodni. W połowie marca 1947 r. grubość lodu sięgała 60 cm. W trzeciej

dekadzie marca nastąpił pochód lodów na rzece, ale mimo wysiłku służb i mieszkańców nie udało się ocalić jedyne wówczas w Gorzowie mostu. Kulminacja wezbrania nastąpiła 29 marca 1947 r., na gorzowskim wodowskaziu odnotowano 605 cm. W wyniku tej największej w okresie powojennym powodzi zostało zerwanych kilka mostów w regionie i zalanych wiele nadwarciańskich miejscowości.

LUTY 1956

Najzimniejszy miesiąc w powojennej historii miasta i trzeci najzimniejszy miesiąc w blisko półtorawiecznej serii pomiarów. Średnia temperatura tego miesiąca osiągnęła $-9,7^{\circ}\text{C}$; mroźniejszy w całej historii stacji był jedynie luty 1929 r. ($-12,6^{\circ}\text{C}$) oraz styczeń 1940 r. ($-10,1^{\circ}\text{C}$). 1 lutego 1956 r. w czasie porannej obserwacji klimatologicznej odnotowano temperaturę powietrza blisko -24°C oraz wiatr o prędkości 8 m/s. Wskaźniki biometeorologiczne wskazują, że były to skrajnie niekorzystne warunki z niezwykle dużym czynnikiem ochładzającym wiatru. 9 lutego 1956 r. wystąpiła najniższa temperatura powietrza w powojennej historii Gorzowa; na stacji PIHM na wysoczyźnie zanotowano $-27,1^{\circ}\text{C}$ (wg niektórych źródeł $-27,3^{\circ}\text{C}$), a na stacji IUNG w dolinie Warty zmierzono $-27,5^{\circ}\text{C}$. Na sąsiednich stacjach w regionie minima były niższe o $1-2^{\circ}\text{C}$. Liczba dni mroźnych w tym miesiącu wyniosła 26, a bardzo mroźnych – 6 dni. Ujemna temperatura powietrza bez przerwy utrzymywała się przez 31 dni (od 27 stycznia do 26 lutego 1956 r.). Przez cały miesiąc (z wyjątkiem dwóch dni) zalegała pokrywa śnieżna, z czego przez 80% dni warstwa śniegu miała wysokość co najmniej 10 cm.

ZIMA 1962/63

Wyjątkowo mroźna i śnieżna zima, która trwała z przerwami od połowy grudnia 1962 r. do początku marca 1963 r. dała się we znaki całej Polsce. Wprawdzie w Gorzowie nie odnotowano rekordowych mrozów, ale czas ich trwania spowodował utrudnienia w wielu dziedzinach życia. W świetle klasyfikacji ostrości zim [Paczos 1982] była to druga po sezonie 1946/47 najmroźniejsza zima w Gorzowie w powojennej historii. Przez cały styczeń i luty gazety rozpisywały się o utrudnieniach, jakie powoduje pogoda. Przede wszystkim problemy dotyczyły utrzymania przejezdności szlaków kolejowych i dróg oraz trudności z dostarczaniem węgla. Całkowita pokrywa śnieżna pojawiła się pod koniec grudnia 1962 r. i utrzymywała się bez przerwy do 7 marca 1963 r., a maksymalną wysokość osiągnęła 21 lutego – 30 cm. Największe spadki temperatury powietrza zanotowano: 31 stycznia ($-23,8^{\circ}\text{C}$, przy gruncie $-25,3^{\circ}\text{C}$) i 3 lutego ($-23,5^{\circ}\text{C}$, przy gruncie $-26,5^{\circ}\text{C}$). Przez cały styczeń, luty oraz kilka pierwszych dni marca stwierdzono przemarznięcie gruntu do głębokości co najmniej 50 cm. Zimą 1962/1963 przez wyjątkowo długi okres 85 dni na Wąrcie w Gorzowie zalegała pokrywa lodowa. Warstwa lodu na rzece pojawiła się 25 grudnia 1962 r., a już na początku stycznia *Gazeta Gorzowska* informowała o mieszkańcach miasta skracających sobie drogę po zamrożonej Wąrcie na wysokości ul. Towarowej i Szpitalnej. Pokrywa lodowa na Wąrcie zaniknęła 19 marca 1963 r.; jej maksymalną grubość (51 cm) zmierzono 20 lutego 1963 r.

5 MARCA 1965

W tym dniu na stacji w Gorzowie zmierzono najwyższą w historii pomiarów wysokość pokrywy śnieżnej – 70 cm. Wśród stacji synoptycznych Polski nizinnej była to najwyższa pokrywa śnieżna tego dnia, a wśród stacji niższego rzędu w okolicy wyższe wartości zanotowano jedynie w Paproci koło Nowego Tomysła (74 cm) oraz w Chodzieży (75 cm). W tym okresie wystąpił również rekordowy dobowy przyrost pokrywy śnieżnej –

27 lutego i 5 marca wyniósł on aż 20 cm. *Gazeta Gorzowska* z 5 marca 1965 r. donosiła: „W środę [3 marca] przed południem ogłoszona została klęska żywiołowa. W powiecie także trwa stan alarmowy, wobec nasilenia się opadów uniemożliwiających funkcjonowanie transportu. W czwartek nie dotarła do Gorzowa codzienna prasa, tramwaje i taksówki unieruchomione były od rana. Wobec ogromnych trudności komunikacyjnych pogotowie ratunkowe notowało bardzo duże opóźnienia, wynoszące często 200 minut i więcej. Często naprzeciw wzywanego pogotowia wyjeżdżają sanie chłopskie. Duże opady sparaliżowały pracę poczty na terenie powiatu i miasta Gorzowa. W czwartek poczta z kierunku Poznania nadeszła dopiero o godz. 10 rano, gdyż pociąg miał duże opóźnienie. Wiele trudności sprawia zaopatrzenie sklepów wiejskich. Samochody PZGS dojeżdżały tylko do określonych punktów. Później towar przenoszony był na sanie i transportowany dalej. Wiele osób spóźniło się lub w ogóle nie dotarło w czwartek do zakładów pracy. Gorzowianie nie mieli do dyspozycji tramwajów, a zamieszcowi zostali odcięci od miasta wobec zawieszenia komunikacji podmiejskiej na prawie wszystkich liniach”. Prezydium Miejskiej Rady Narodowej w Gorzowie wystosowało apel do mieszkańców miasta o „masowy udział w walce ze śniegiem”.

LISTOPAD 1965

Był wyjątkowo zimnym i śnieżnym miesiącem. Średnia temperatura miesięczna osiągnęła $-0,3^{\circ}\text{C}$, minimalna temperatura spadła 23 listopada do $-15,4^{\circ}\text{C}$, a przy gruncie do $-17,9^{\circ}\text{C}$. Pokrywa śnieżna utrzymywała się przez 13 dni z maksimum 15 cm. Już 18 listopada na Warcie w Gorzowie pojawiły się pierwsze zjawiska lodowe, a pięć dni później zaobserwowano trwałą pokrywę lodową. To najwcześniej zaobserwowana obecność lodu na rzece w powojennych dziejach miasta.

ZIMA 1969/70

Zapisała się jako najbardziej śnieżna zima po II wojnie światowej w Gorzowie. Wskaźnik śnieżności tej zimy wg metody Paczosa [1982] osiągnął wartość 6,59, co oznacza w warunkach klimatu Polski zimę śnieżną. Sezon ten był również bardzo mroźny, wskaźnik ostrości zimy wyniósł 5,24, co plasuje tę porę roku na 3. miejscu w rankingu najmroźniejszych zim okresu powojennego. Pokrywa śnieżna ustaliła się już pod koniec listopada 1969 r., jej wysokość nieregularnie wzrastała aż do sezonowego maksimum 50 cm, które zmierzono 6-8 marca 1970 r. Co oczywiste, takie masy śniegu powodowały poważne komplikacje w życiu mieszkańców Gorzowa, przede wszystkim w transporcie drogowym. Śnieg na gruncie zalegał do początku trzeciej dekady marca, co oznacza nieprzerwane i rekordowe 113 dni z pokrywą śnieżną. Mroźna pogoda pojawiła się w końcu listopada i trwała z krótkimi przerwami do połowy marca. Szczególnie mroźny okazał się grudzień 1969 r., który był najchłodniejszym grudniem w całej, blisko 150-letniej serii pomiarowej. Minimalną temperaturę powietrza ($-22,2^{\circ}\text{C}$) odnotowano 22 grudnia 1969 r. W czasie zimy 1969/70 wystąpiło 68 dni mroźnych i 7 dni bardzo mroźnych, a podczas 35 nocy temperatura spadała poniżej -10°C .

16-23 LIPCA 1972

W tych dniach wystąpiła pierwsza w historii miasta tak długa fala upałów. W każdym z 8 dni temperatura powietrza osiągnęła co najmniej $30,0^{\circ}\text{C}$. Najwyższą temperaturę maksymalną zanotowano 21 lipca ($32,5^{\circ}\text{C}$). Lokalne gazety donosiły, że w gorzowskich kranach zaczęło brakować wody.

PRZEŁOM LISTOPADA I GRUDNIA 1973

Okres ten cechował się dynamicznymi zmianami pogody. 24 listopada 1973 r. wystąpiła wichura z porywami do 23 m/s. Kilka dni później nadeszła zimowa aura, temperatura obniżyła się poniżej 0°C, wystąpiły opady śniegu połączone z zamieciami, które spowodowały znaczne utrudnienia w funkcjonowaniu transportu kolejowego i drogowego. 1 grudnia pokrywa śnieżna osiągnęła wysokość 32 cm. Tego dnia *Gazeta Zielonogórska* raportowała: „W Gorzowie od lat nie notowano tak dużej śnieżycy jak obecnie. W związku z tym Prezydium Miejskiej Rady Narodowej ogłosiło w mieście stan klęski żywiołowej. Trasa Gorzów – Kłodawa – Barlinek była całkowicie nieprzejezdna”. Stan klęski żywiołowej w Gorzowie został odwołany 4 grudnia 1973 r.

1974/1975

Na przełomie tych lat Gorzów doświadczył dwóch bardzo silnych wichur niosących poważne szkody. Pierwsza z nich wystąpiła 29 grudnia 1974 r., wówczas odnotowano najwyższą średnią prędkość wiatru – 21 m/s, a porywy dochodziły do 30 m/s. Druga z wichur nawiedziła miasto 5-7 stycznia 1975 r., a jej wyjątkowość polegała na długim czasie trwania. Wówczas nieprzerwanie przez 35 godzin rejestrowano wiatr silny (o średniej prędkości 10 m/s i więcej), w tym przez 12 godzin wiatr bardzo silny o średniej prędkości 16 m/s. Maksymalne porywy wiatru osiągnęły wartość 31 m/s.

20 LIPCA 1975

W tym dniu zmierzono jedną z najwyższych dobowych sum opadu – 75,1 mm. Najwyższa sześciogodzinna suma wystąpiła w godz. 12-18 GMT i wyniosła 63,9 mm; były to silne opady jednostajne. Według zestawienia pluwiograficznego najsilniejsze godzinowe natężenie opadu wystąpiło w godz. 14-15 (20,0 mm) oraz w godz. 13-14 (19,0 mm) czasu urzędowego.

8 SIERPNI 1977

Tego dnia nad Gorzowem przeszła burza z niezwykle silnym opadem deszczu. Burza, zarówno bliska, jak i odległa, o natężeniu od słabego do silnego, wystąpiła wieczorem i w pierwszej części nocy, trwała 6,3 h. W okresie 6,5 godz. suma opadów osiągnęła 77,4 mm. Z zestawienia pluwiograficznego wynika, że najwyższe godzinowe natężenie opad osiągnął w godz. 19-20 (22,0 mm) oraz w godz. 21-22 (23,1 mm). *Gazeta Lubuska* z 10 sierpnia 1977 r. donosiła: „W poniedziałek wieczorem i w nocy nad województwem gorzowskim przeszła gwałtowna burza połączona z wyładowaniami atmosferycznymi. Skutki kilkugodzinnej ulewy odczuł najbardziej Gorzów. Niektóre ulice zamieniły się w wartkie potoki. Piwnice domów, przede wszystkim na Zawarcu i przy ul. Dworcowej, Marcinkowskiego, Dąbrowskiego, Sikorskiego, Chrobrego i Gwardii Ludowej zaalała woda. W niektórych budynkach poziom wody sięgał parteru. Wypompowywano ją przez całą noc i wczoraj. Jednocześnie ekipy PGK usuwały z ulic grube warstwy piasku naniesionego przez potoki wody deszczowej”. Stacja meteorologiczna w Gorzowie była pozbawiona łączności telefonicznej przez 2,5 doby.

ZIMA 1978/1979

Była jedną z kilku pretendujących do tzw. zimy XX stulecia. Pierwsze 28 dni grudnia 1978 r. było typowe dla klimatu Gorzowa – kilkuniedniowe okresy mrozów przeplatały się z odwilżami. Ocieplenie zapoczątkowane w okresie świąt Bożego Narodzenia, tak charakterystyczne i widoczne w wieloletnim przebiegu temperatury powietrza, trwało do

28 grudnia. W nocy 28/29 grudnia rozpoczął się gwałtowny napływ mroźnego powietrza, w ciągu 12 godzin temperatura powietrza spadła z 7°C do -9°C, deszcz zmienił się w opady deszczu lodowego (ziaren lodowych) i śniegu, wiatr z południowo-zachodniego skręcił na wschodni i znacznie się nasilił. W ostatni dzień roku 1978 temperatura powietrza wynosiła od -16°C do -20°C, powstała kilkunastocentymetrowa pokrywa śnieżna, silny wiatr powodował zamieć śnieżną tworzącą zaspę. Tego dnia na Warcie odnotowano gwałtowny rozwój zjawisk lodowych, zaobserwowano wzrost poziomu wody o 63 cm, dzień później rzeka zatrzymała się, a całkowita pokrywa lodowa utrzymywała się przez 2,5 miesiąca. Mroźna pogoda z niewielkimi przerwami trwała do końca lutego, z minimum -21,4°C 1 stycznia 1979 r. Na początku stycznia w Gorzowie wystąpiły przerwy w dopływie prądu, ale głównym problemem były masowe awarie rur ciepłowniczych; większość mieszkańców bloków była pozbawiona centralnego ogrzewania i ciepłej wody. Na kilka tygodni odwołano zajęcia w szkołach. Obok mrozów utrapieniem mieszkańców był śnieg. Do drugiej dekady lutego wysokość pokrywy śnieżnej kształtowała się na poziomie 12-22 cm. W połowie lutego wystąpiły intensywne opady śniegu z zamieciai śnieżnymi. Spowodowały one przyrost grubości pokrywy do 48 cm 19 lutego 1979 r., co skutkowało ogromnymi trudnościami w transporcie drogowym i kolejowym w mieście i regionie. Prasa lokalna donosiła o przydrożnych zaspach sięgających 2-3 metrów. Odwilż przyszła na przełomie lutego i marca, przynosząc kolejne problemy. Dramatyczna sytuacja panowała na pokrytej lodem Warcie, której stan ustabilizował się na wysokim poziomie. Do rozbijania lodu na rzece wykorzystano lodolamacze, które miały udrożnić koryto rzeki przed nadejściem wód roztopowych z wyżej położonych części zlewni. Na gorzowskim wodowskazię maksymalny poziom wody odnotowano 22 marca 1979 r. – 577 cm, a największy zmierzony przepływ wyniósł 1110 m³/s. Stan alarmowy na Warcie trwał aż do połowy maja 1979 r.

ZIMA 1984/85

Zimowa pogoda rozpoczęła się lekkimi mrozami w ostatnim tygodniu grudnia 1984 r. Fala najsilniejszych mrozów pojawiła się 5 stycznia i trwała do 21 stycznia 1985 r. Najzimniejszy był okres 6-8 stycznia 1985 r., kiedy nocą notowano spadki temperatury poniżej -20°C (minimum -22,4°C, 6 stycznia), a w dzień nie wzrastała powyżej -15°C. Na gruncie zalegała kilkunastocentymetrowa pokrywa śnieżna. Dwukrotnie zaobserwowano pył diamentowy – zawiesinę kryształków lodu charakterystyczną dla mroźnych mas powietrza. Niecodziennym zjawiskiem w czasie najzimniejszych dni były mgły osadzające szadź; osad ten utrzymywał się nieprzerwanie przez 6 dni nadając drzewom i krzewom bajeczny wygląd. Drugą falę mrozów odnotowano w pierwszej i drugiej dekadzie lutego, z najniższą temperaturą -21°C (11 lutego 1985 r.).

10 I 11 KWIETNIA 1986

W tych dniach miasto przeżyło nadzwyczajny wiosenny atak zimy. W godzinach popołudniowych 10 kwietnia zaczął padać słaby śnieg, później jego natężenie wzrosło do silnego. Nasilił się wiatr, który przy średniej prędkości do 14 m/s i porywach do 24 m/s powodował silną wysoką zamieć śnieżną, a widzialność była ograniczona chwilami poniżej 500 m. Utworzyła się kilkunastocentymetrowa pokrywa śnieżna ze znacznie większymi zaspami, która przykryła wiosenny już krajobraz.

21 PAŹDZIERNIKA 1986

Tego dnia wystąpiła silna wichura z rekordowym porywem wiatru. Spowodował ją głęboki niż znad Islandii, a w szczególności niewielki niż wtórny szybko przemieszczający się od Wysp Brytyjskich przez północne

Niemcy po polskie wybrzeże Bałtyku. Najsilniejszy poryw wiatru w historii pomiarów w Gorzowie zarejestrowano ok. godz. 3 w nocy i osiągnął on 40 m/s (144 km/h). Średnia prędkość wiatru nie przekroczyła 15 m/s, zatem był to wiatr o dużym współczynniku porywistości. W Gazecie Lubuskiej tak relacjonowano wichurę: „Silna wichura połączona z ulewnymi deszczami przeszła nad Gorzowem i województwem. W porywach wiatr osiągnął huraganową prędkość do 40 m/s. Największe szkody wichura wyrządziła w energetyce, awarii uległo bowiem 40 procent linii średniego napięcia i ponad połowa stacji transformatorowych”.

STYCZEŃ 1987

Miesiąc zapisał się jako bardzo mroźny. Najzimniejszym dniem był 14 stycznia, nad ranem temperatura spadła do $-24,6^{\circ}\text{C}$, przy gruncie do $-25,8^{\circ}\text{C}$, a średnia dobowa temperatura powietrza osiągnęła $-20,2^{\circ}\text{C}$ (najniższą wartość w powojennej serii pomiarowej). Tego dnia zaobserwowano również pył diamentowy. Od 11 do 17 stycznia temperatura nie wzrastała powyżej -10°C , a zatem wystąpił 7-dniowy ciąg dni bardzo mroźnych. Przez część tego tygodnia notowano słabe i umiarkowane opady śniegu, które przyniosły przyrost pokrywy śnieżnej do 14 cm. Cechą charakterystyczną tego epizodu pogodowego był umiarkowany i dość silny wiatr powodujący zamiecie śnieżne. Porywy wiatru, dochodzące do 21 m/s, przy temperaturze powietrza od -20°C do -15°C powodowały wyjątkowo silne wychłodzenie organizmu. Końcówka tej fali mrozów przypadła na początek trzeciej dekady stycznia, wówczas zanotowano rzadkie zjawisko polegające na opadzie marznącej mżawki przy temperaturze powietrza ok. -7°C . Na przełomie stycznia i lutego oraz od końca lutego do połowy marca występowały jeszcze okresy mroźnej pogody, przy czym spadki temperatury nie były niższe niż -13°C .

24 GRUDNIA 1988

Tego dnia zanotowano wichurę z huraganowymi porywami wiatru. W dzień i noc wigilijną najwyższa średnia prędkość wiatru dochodziła do 17 m/s, a w porywach wiatr osiągał huraganową prędkość 36 m/s. Były to trudne święta Bożego Narodzenia dla mieszkańców ziemi gorzowskiej, wielu z nich było pozbawionych prądu, a część dróg była nieprzejezdna z powodu powalonych drzew.

17 LISTOPADA 1989

W tym dniu nad Gorzowem widziano zorzę polarną. Zjawisko pojawiło się w godzinach wieczornych, a obserwator zanotował w dzienniku meteorologicznym: „(...) zaobserwowano czerwone zabarwienie części nieba, postępujące z kierunku wschodniego na zachodni. Zaobserwowano również pojawienie się z przerwami srebrnych pionowych smug na ww. zabarwieniach nieba”.

PRZEŁOM LIPCA I SIERPNI 1994

W Gorzowie pojawiła się długotrwała fala upałów. 31 lipca 1994 r. zanotowano $36,7^{\circ}\text{C}$, a dzień później $36,6^{\circ}\text{C}$. Zarejestrowano najdłuższy w historii (obok roku 2006) 11-dniowy ciąg dni upalnych. Przez 3 doby (od 31 lipca do 2 sierpnia) temperatura nie spadła poniżej 20°C . Noc z 31 lipca na 1 sierpnia była jedną z najcieplejszych, temperatura minimalna obniżyła się do zaledwie $22,9^{\circ}\text{C}$. 1 sierpnia odnotowano rekordowo wysoką średnią dobową temperaturę powietrza – $30,3^{\circ}\text{C}$. Należy tu wspomnieć, że w pobliskich Słubicach 30 lipca zmierzono $39,5^{\circ}\text{C}$, co do dziś pozostaje najwyższą temperaturą powietrza w powojennej historii Polski.

ZIMA 1995/1996

Wyjątkowo długa, choć dopiero czwarta w rankingu ostrości powojennych zim w Gorzowie. Trwała od drugiej połowy listopada 1995 r. do połowy marca 1996 r., przy czym okres ten był przeplatany licznymi, ale krótkimi odwilżami. W ciągu sezonu liczba dni mroźnych wyniosła 65 dni, a bardzo mroźnych – 3; najniższą temperaturę powietrza o wartości -18°C odnotowano 9 lutego 1996 r. Przez większość dni zimy 1995/1996 nie było śniegu na gruncie. Nieco bardziej śnieżny był luty z 20 dniami z pokrywą śnieżną. Spektakularnym efektem takiej pogody było rekordowo głębokie przemarznięcie gruntu – w lutym przez ponad tydzień izoterma 0°C zalegała poniżej 100 cm głębokości.

WIOSNA 1997

Wystąpiły dwie wyjątkowo silne wichury, które przyniosły poważne zniszczenia w Gorzowie i okolicach. 28 marca region dostał się w zasięg gwałtownie pogłębiającego się niżu wtórnego, który szybko przemieszczał się znad Wysp Brytyjskich przez Danię, Zatokę Pomorską po Mazury. Największe prędkości wiatru zmierzono w godzinach 9-10 – średnio 15 m/s, z maksymalnym porywem 32 m/s. Kolejny bardzo aktywny i głęboki niż przemieszczał się nad południową częścią Bałtyku w dniu 11 kwietnia. Wiatr był jeszcze silniejszy niż dwa tygodnie wcześniej. Największa średnia prędkość osiągnęła 16 m/s, a maksymalny poryw osiągnął huraganową wartość 34 m/s. Był to najsilniejszy poryw wiatru zmierzony tego dnia na terenie Polski nizinnej. Obie wichury przyniosły szereg zniszczeń w Gorzowie i regionie, przede wszystkim powalone drzewa tarasowały drogi, uszkadzały budynki i linie energetyczne.

NOC 14/15 MAJA 1997

Nad Gorzowem przeszła wyjątkowo długa seria intensywnych burz z ulewami i gradem. Pierwsze wyładowania pojawiły się nad miastem o godz. 20, a burza i odległe błyskawice trwały z niewielkimi przerwami do godz. 10:30 dnia następnego. Chwilami wyładowania atmosferyczne były wyjątkowo częste, co – jak relacjonowano w lokalnych mediach – nie pozwoliło gorzowianom zmruczyć oka tej nocy. Burzom towarzyszyły przelotne opady deszczu, okresami ich natężenie wzrastało do silnego. Łączna suma opadów za okres 15 godzin osiągnęła 89,9 mm, przy czym wartość ta została rozdzielona na dwie doby opadowe: 14 maja – 70,8 mm oraz 15 maja – 19,1 mm. Maksymalna godzinowa suma opadów osiągnęła wartość 46,8 mm. Kilkakrotnie wystąpiły opady gradu o średnicy do 15 mm. Najsilniejsze porywy wiatru osiągnęły 16 m/s. W tym okresie rozproszone burze notowano w północno-zachodniej części Polski, ale nigdzie nie odnotowano tak wysokich sum opadów i nadzwyczajnej intensywności wyładowań. Burza spowodowała znaczne straty w Gorzowie i okolicach, od uderzeń piorunów powstało kilka pożarów budynków, uszkodzona została sieć trakcyjna wstrzymując ruch tramwajowy, wiele budynków zostało podtopionych. W centrum miasta wody Kłodawki wystąpiły z brzegów zalewając część ul. Sikorskiego i Borowskiego oraz połowę Parku Wiosny Ludów. W lokalnej prasie relacje ze zniszczeń były opatrzone wymownymi nagłówkami: „Noc żywiołów”, „Deszczowa apokalipsa”, czy „Cumulonimbus narozrabiał”.

11 WRZEŚNIA 2011

Tego dnia nad regionem przeszła gwałtowna burza z huraganowymi porywami wiatru. Wyniki pomiarów na stacji meteorologicznej w Gorzowie nie wskazywały na wyjątkową intensywność zjawiska, bo trwająca ponad

4 godziny burza przyniosła tu 21,1 mm opadu i największy poryw sięgający 19 m/s. Najpoważniejsze zniszczenia nawałnica poczyniła na zachód od Gorzowa, w pasie obejmującym powiaty: ślubicki, sulęciński, gorzowski i myśliborski, a także w powiecie strzelecko-drezdeneckim. Szczególnie dotknięty został obszar gminy Witnica. Straty to setki hektarów powalonych i połamanych drzew, zniszczone budynki i linie energetyczne oraz zablokowane przez kilkanaście godzin drogi. Burza przerwała półfinałowy mecz żużlowych mistrzostw Polski, a kilkadziesiąt tysięcy gorzowian zostało pozbawionych prądu.

18 CZERWCA 2012

W tym dniu nad Gorzowem można było obserwować spektakularny widok. Po wieczornej burzy u podstawy chmury z rodzaju *Cumulonimbus* pojawiło się zjawisko *mamma*. To wypukłości zwisające spod dolnej powierzchni chmury przypominające wymiona, piłki, grona itp. Przypuszcza się, że powstają one, gdy smugi kropel deszczu wypadających z chmury napotykaają na silny prąd wznoszący, który kieruje je z powrotem ku chmurze [Matuszko 2018]. Samo zjawisko nie jest rzadkie, bywa obserwowane do kilku razy w roku. Wyjątkowość zjawiska *mamma* nad Gorzowem polegała na specyficznym podświetleniu wypukłości przez zachodzące Słońce i nadaniu dolnej powierzchni chmury wyraźnych odcieni zmieniających się od żółtego przez pomarańczowy, różowy po ciemną czerwień (rys. 94). Zdjęcia niezwykłych chmur obiegły ogólnopolskie media.



Rysunek 94. Zjawisko *mamma* u podstawy chmury *Cumulonimbus* w rejonie Gorzowa, 18 czerwca 2012 r.

5 PAŹDZIERNIKA 2017

Przez region przeszedł głęboki niż „Ksawery” czyniąc wiele szkód nie tylko w Gorzowie, ale i w całym kraju. W mieście kulminacja wichury miała miejsce w godzinach wieczornych, maksymalna prędkość wiatru osiągnęła 15 m/s, w porywach do 27 m/s. Były to najsilniejsze porywy wiatru zmierzone na stacji w Gorzowie od 20 lat. Wystąpiły poważne zniszczenia w drzewostanie i sieci elektroenergetycznej miasta i okolic.

W końcówce drugiej dekady XXI wieku miasto doświadczyło kilku silnych burz z ulewnymi opadami deszczu, których intensywność była zbliżona lub przekraczała dotychczas rejestrowane natężenia. Co ciekawe, ulewy te zbiegły się w krótkim okresie od końca maja do połowy czerwca, wystąpiły w dniach: 30 maja i 6 czerwca 2017 r., 30 maja 2018 r., 6 czerwca 2019 r., 13 czerwca 2020 r. Każde z tych zdarzeń przyniosło szereg zniszczeń na obszarze Gorzowa i okolic. System kanalizacji burzowej nie był przygotowany na odprowadzanie takich ilości wody, co skutkowało licznymi podtopieniami w wielu częściach miastach, zwłaszcza w niższej położonych dzielnicach. Rwałe potoki wody opadowej spływały ulicami z wysoczyzny w kierunku doliny Warty i Kłodawki, niosąc ogromne ilości piasku i śmieci. Problemy z odprowadzeniem wody spowodowały zalania ulic w dolinie Kłodawki nawet do 1,5 m wysokości. Każda z pięciu opisanych ulew spowodowała na terenie Gorzowa powstanie zjawiska powodzi błyskawicznej, które na obszarach zurbanizowanych określa się mianem powodzi miejskich [Czaja, Pociask-Karteczka 2017].

Podczas każdego z opisanych w tabeli 38 epizodów ulew na stacji IMGW-PIB w Gorzowie zmierzono wydajność opadu odpowiadającej przynajmniej deszczom ulewnym III stopnia (A_3) w skali Chomicza [1951]. Trzy ostatnie przypadki kwalifikują się do kategorii deszczów nawalnych I stopnia (B_1). Podczas ulewy z czerwca 2020 r. dobową sumę opadów zbliżyła się do wartości rekordowej opadu dobowego w latach 1951-2020.

Dodatkowych informacji o natężeniu i zróżnicowaniu przestrzennym opadów dostarcza model RainGRS, który został opracowany przez zespół specjalistów IMGW-PIB. Do oszacowania sumy opadów system ten wykorzystuje dane z deszczomierzy automatycznych, sieci radarów meteorologicznych oraz dane satelitarne [Szturc i in. 2018]. W okolicach Gorzowa największa szacowana wg systemu RainGRS dobową sumę opadów wystąpiła w czasie burzy z 6 czerwca 2019 r. w rejonie Chwałęcic, tuż przy północnych granicach miasta. Wówczas na posterunku w pobliskiej Kłodawie (poza siecią IMGW-PIB) zmierzono rekordowy opad dobowy w wysokości 95,1 mm (z czego 91 mm w ciągu 2 godzin).

Tabela 38. Charakterystyka opadów atmosferycznych (mm) podczas wybranych ulew w rejonie Gorzowa w latach 2017-2020 r. na podstawie danych ze stacji IMGW-PIB w Gorzowie i systemu RainGRS.

Data	Stacja IMGW-PIB w Gorzowie				System RainGRS			
	Dobowa suma opadów*	Maks. natężenie w okresie**		Kategoria deszczu wg Chomicza	Maks. natężenie w okresie		Dobowa suma opadów	Obszar największych opadów
		10 min	60 min		10 min.	60 min.		
30.05.2017	49,3	10,3	18,3	ulewny III st. (A_3)	10	21	46	Czechów
06.06.2017	39,0	11,8	16,7	ulewny III st. (A_3)	12	22	57	Smolarki
30.05.2018	42,0	18,9	35,4	nawalny I st. (B_1)	33	46	48	centrum Gorzowa
06.06.2019	54,5	17,2	46,5	nawalny I st. (B_1)	23	65	95	Chwałęcice
13.06.2020	74,6	18,1	57,6	nawalny I st. (B_1)	19	70	87	Bogdaniec

*wg deszczomierza Hellmanna; **wg deszczomierza automatycznego.

11 czerwca 2019 r. przyniósł opady rekordowo dużego gradu. Przed godziną 20:00 na południe i południowy zachód od Gorzowa wzdłuż linii zbieżności zaczęły się tworzyć komórki burzowe przemieszczające się w kierunku miasta. Godzinę później doszło do połączenia się dwóch aktywnych komórek, w wyniku czego powstała superkomórka burzowa – potężna chmura burzowa, wewnątrz której pojawia się charakterystyczna cyrkulacja powietrza spiralnie wznoszącego się ku górze. Formacja ta przemieszczała się przez Gorzów z południa na północ. Po przekroczeniu Warty i napotkaniu strefy krawędziowej wysoczyzny prawdopodobnie doszło do orograficznego wymuszenia przepływu powietrza i wzmocnienia rozwoju komórki burzowej, co sprzyjało powstaniu gradzin o nadzwyczajnie dużych rozmiarach. Strefa dotknięta opadem największych ziaren gradu przechodziła przez wschodnią część miasta, przy czym największe średnice gradzin (10-12 cm) wystąpiły na jego północno-wschodnich krańcach oraz na os. Bermudy (gm. Santok) i w Wojciszyczach (gm. Kłodawa). Były to pierwsze w Polsce udokumentowane gradziny osiągające 12 cm. Szczegółowy opis tego wyjątkowego zdarzenia opracowali Piasecki i in. [2023]. Na stacji meteorologicznej w Gorzowie zaobserwowano grad o przeciętnej średnicy 2,5 cm, a największe gradziny osiągnęły 4 cm. Były to wartości nienotowane w powojennej historii stacji. Gradobicie w Gorzowie i okolicach wyrządziło duże szkody materialne, niszcząc uprawy rolne, szatę roślinną, dachy budynków i samochody.

8 września 2022 r. we wschodniej połowie Gorzowa, w zachodniej części gminy Santok i na północnych krańcach gminy Deszczno, wystąpiła burza z ulewą dalece przekraczającą dotychczasowe rekordy natężenia opadów. Wprawdzie rok 2022 jest już poza okresem badawczym tej pracy, ale absolutna wyjątkowość tego zjawiska wręcz nakazuje jego opisanie. Burza zaczęła powstawać w godz. 4:00-5:00 na południe i południowy zachód od Gorzowa. Jej kulminacja przypadła na godz. 5:00-8:00. Ze zdjęć radarowych wynika, że w tym okresie obszary o najsilniejszej odbiciowości radarowej objęły teren na południe, południowy wschód i wschód od centrum miasta i przemieszczały się bardzo wolno w kierunku północno-wschodnim.

Na stacji meteorologicznej w Gorzowie zanotowano absolutne maksimum dobowej sumy opadów w całej serii pomiarowej – 144,9 mm, wg pomiarów deszczomierzem Hellmanna. Najwyższe godzinowe natężenie opadów zmierzzone deszczomierzem automatycznym osiągnęło 90 mm/godz., co pozwala zaklasyfikować to zjawisko jako opad nawalny III stopnia (B_3) wg klasyfikacji Chomicza [1951]. Dane minutowe wskazują, że rekord dotychczasowej dobowej sumy opadów z 8 sierpnia 1977 r. został pobity już w czasie blisko 50 minut. Niespełna 3,5-godzinny opad z 8 września 2022 r. stanowił 26% średniej sumy opadów rocznych oraz 323% średniej sumy opadów we wrześniu.

Inne źródła danych wskazują, że w okolicy intensywność opadów była jeszcze większa niż ta określona na podstawie pomiarów na stacji IMGW-PIB w Gorzowie. Jednym z nich jest amatorska automatyczna stacja meteorologiczna w Wawrowie [IWAWRW1 2022]. Z pomiarów deszczomierzem automatycznym na tej prywatnej stacji wynika, że dobową sumę opadów wyniosła 218 mm, a maksymalne godzinowe natężenie opadów osiągnęło 121 mm/godz. Zgodnie z klasyfikacją Chomicza oznacza to opad nawalny IV stopnia (B_4). Wartości z tej prywatnej stacji automatycznej w Wawrowie wydają się wiarygodne i nawiązują do rozkładu opadów ustalonego na podstawie danych radarowych, jednak są wartościami nieoficjalną.

Prezyzyjnych informacji o przestrzennym zróżnicowaniu opadów dostarcza użytkowany operacyjnie w IMGW-PIB model RainGRS. Na jego podstawie w Zakładzie Nowcastingu IMGW-PIB wykonano reanalizę RainGRS Clim uwzględniającą zweryfikowane dane pochodzące z gęstszej sieci stacji opadowych wyposażonych w deszczomierz Hellmanna [Jurczyk i in. 2023]. Produkt ten wskazuje, że strefa najsilniejszych opadów wystąpiła w rejonie miejscowości Czechów, u podnóża strefy krawędziowej Wysoczyzny Gorzowskiej, ok. 3 km na południowy wschód od stacji IMGW-PIB. Oszacowana w tym miejscu dobową sumę opadów wy-

niosła 237 mm, przy czym wartość ta została zarejestrowana podczas opadu trwającego niespełna 3,5 godziny. Tak wysokiej dobowej sumy opadów nigdy nie zmierzono na obszarze Niżu Polskiego.

Sytuacja synoptyczna w nocy 7/8 września 2022 r. nie wskazywała na możliwość wystąpienia silnej ulewy. Zawiodły zarówno prognozy synoptyków, jak i wyniki modeli numerycznych. Zaskoczeniem był fakt pojawienia się tak intensywnej burzy we wczesnych godzinach porannych. Jak wspomniano w rozdziale Zjawiska meteorologiczne, na tę porę doby z reguły przypada dobowe minimum aktywności burzowej. Również niezwykle był miesiąc wystąpienia tej wyjątkowej burzy, bowiem roczne maksimum liczby dni z burzą przypada na okres od maja do sierpnia.

Opady o takim natężeniu, jak w czasie ulewy 8 września 2022 r., są na terenie Polski nizinnej wyjątkową rzadkością [Chomicz 1951; Lorenc i in. 2012]. Na podstawie danych z lat 1966-2010 prawdopodobieństwo przewyższenia maksymalnego opadu dobowego o wys. ≥ 100 mm (tj. opadów katastrofalnych) w Gorzowie wynosi 0,4%, tj. raz na 250 lat [Lorenc i in. 2012]. Wrześniowe oberwanie chmury zostało określone w raporcie *Klimat Polski 2022* [2023] jako zjawisko o rzadkości „bez precedensu”.

Opisany epizod nadzwyczajnej ulewy przyniósł katastrofalne skutki na obszarze Gorzowa i gminy Santok. Największe zniszczenia objęły Czechów, Górki i rejon ulicy Warszawskiej w Gorzowie – są to tereny leżące u podnóża zbocza Kotliny Gorzowskiej. Gigantyczne masy wody opadowej spływały wszelkimi obniżeniami z wysoczyzny ku dolinie Warty, niszcząc wiele budynków, upraw rolnych i obiektów infrastruktury.

Podsumowując okres powojenny w Gorzowie, należy wyróżnić dwa zjawiska meteorologiczne, których nasilenie znacznie przekroczyło dotychczas notowane wartości. Mowa tu przede wszystkim o ulewie z 8 września 2022 r., ale także o gradobiciu z 11 czerwca 2019 r. Były to zdarzenia o zasięgu lokalnym o bezprecedensowym charakterze w warunkach klimatu Polski.

Przebieg temperatury powietrza (1874-2020)

Gorzów należy do nielicznego grona miast w Polsce, które ma 150-letnią, niemal nieprzerwaną serię pomiarową temperatury powietrza. W dobie obserwowanej współcześnie globalnej zmiany klimatu to pożądane źródło do analiz. Średnie miesięczne i roczne wartości temperatury powietrza ze stacji Landsberg an der Warthe z okresu przedwojennego pozyskano ze źródeł: Wiczorkewicz [1875], Kewitsch [1884], *Klimakunde des deutschen Reiches* [1939] oraz danych archiwalnych udostępnionych przez *Deutscher Wetterdienst* w ramach *International Surface Temperature Initiative* [ISTI 2022]. Dane pochodzące ze stacji Landsberg an der Warthe dodatkowo zweryfikowano z pomiarami z sąsiednich stacji (Szczecin, Poznań, Zielona Góra, Berlin, Poczdam, Angermünde). Brakujące 12 wartości średniej temperatury miesięcznej (I-II 1874, I-X 1945) zrekonstruowano na podstawie pomiarów ze stacji Berlin, Poczdam i Poznań [ISTI 2022]. Dane z okresu powojennego (od listopada 1945 r.) pochodzą ze stacji meteorologicznej PIHM, a później IMGW-PIB; część metadanych zostało opisanych w rozdziałach Materiały źródłowe i Temperatura powietrza.

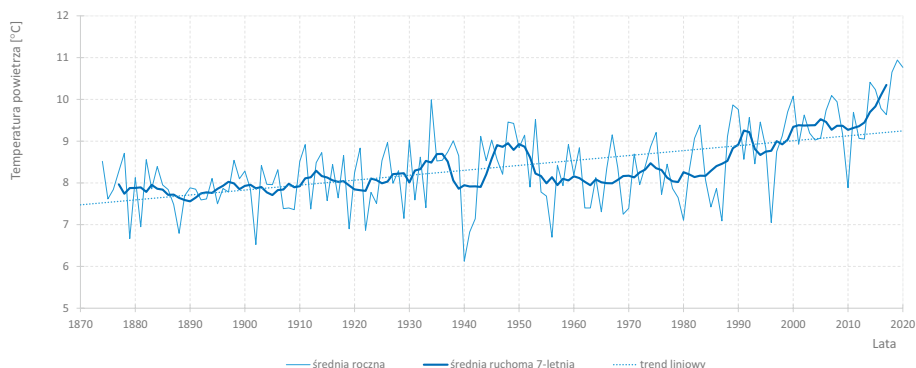
Należy zaznaczyć, że zaprezentowane poniżej dane surowe stanowią serię niejednorodną, stąd należy traktować je z ostrożnością. Wśród przyczyn, które wpłynęły na zakłócenie homogeniczności materiału pomiarowego przed 1945 r. należy wymienić przede wszystkim:

- Zmianę lokalizacji stacji – w przedwojennym Landsbergu pomiary prowadzono w siedmiu miejscach: począwszy od najniższego położenia, tuż przy rzece (1874-1877) przez zaciszne, głęboko wcięte dno doliny

Kłodawki (1877-1892) po faliste tereny wysoczyzny (1892-1922 i 1944-1945) oraz krawędź wysoczyzny (1922-1944). Różnica wysokości między stacjami wynosiła aż 46 m, a każda z lokalizacji reprezentowała klimat innej formy terenu.

- Zmianę ekspozycji termometru – początkowo przyrządy były mocowane za oknem (na wys. 3-6 m nad gruntem), na żelaznej podstawie, okresowo stosowano białą osłonę chroniącą zbiorniczki przed bezpośrednim wpływem promieni słonecznych. Klatkę meteorologiczną zapewniającą reprezentatywność pomiarów zamontowano w roku 1892.
- Zmianę metodyki pomiarów i obliczeń – wielokrotnie zmieniały się terminy pomiarów oraz metody obliczania średniej dobowej temperatury powietrza.

Średnia roczna temperatura powietrza w okresie 1874-2020 wyniosła 8,4°C, to wartość o 0,4 stopnia niższa niż w analizowanym wcześniej ostatnim 70-leciu. Rosnący trend blisko półtorawiecznej serii pomiarowej osiągnął tempo 0,1°C w ciągu 10 lat i był istotny statystycznie. Przez pierwsze 20-lecie analizowanej serii zarysował się nieznaczny spadek średniej temperatury powietrza. Lata 90. XIX w. są uważane przez niektórych naukowców [m.in. Trepińska i in. 1997] za definitywny koniec tzw. małej epoki lodowej. Następnie zaznaczyło się słabe ocieplenie trwające cztery dekady, z wyraźną kulminacją 10,0°C w roku 1934. W latach 1940-1942 odnotowano silny spadek temperatury z najchłodniejszym w całej serii rokiem 1940 (6,1°C). Przez kolejne 10-lecie temperatura powietrza utrzymywała się na wyższym poziomie. W połowie lat 50. istotnie się ochłodziło. Nieregularne zmiany bez wyraźnej tendencji cechowały następne trzy dekady. Pod koniec lat 80. rozpoczęło się stopniowe ocieplenie z wyraźnym przyspieszeniem w końcówce drugiej dekady XXI w. i najcieplejszym w historii pomiarów rokiem 2019 ze średnią temperaturą 10,9°C (rys. 95).



Rysunek 95. Wieloletni przebieg średniej rocznej i średniej ruchomej 7-letniej temperatury powietrza (°C) w Gorzowie w latach 1874-2020.

Roczny przebieg temperatury powietrza obliczony na podstawie serii półtorawiecznej jest zbliżony do rozkładu przedstawionego w rozdziale Temperatura powietrza. Najchłodniejszym miesiącem był styczeń ze średnią temperaturą -1,3°C, zaś najcieplejszym – lipiec z wartością 18,2°C (tab. 39). Największe wahania średniej temperatury powietrza dotyczą miesięcy zimowych, szczególnie lutego, zaś najmniejsze zachodzą w sierpniu oraz maju. Najchłodniejszym miesiącem w historii pomiarów w Gorzowie był luty 1929 r. ze średnią tempera-

turą $-12,6^{\circ}\text{C}$. 10 lutego 1929 r. zanotowano absolutne minimum temperatury powietrza, zarejestrowano wówczas $-29,2^{\circ}\text{C}$. Wyjątkowo chłodny był również styczeń 1940 r. ($-10,9^{\circ}\text{C}$) oraz luty 1956 r. ($-9,7^{\circ}\text{C}$). Z kolei najcieplejszym miesiącem w ostatnim 150-leciu był lipiec 2006 r. ze średnią temperaturą $23,9^{\circ}\text{C}$. Nadzwyczaj ciepły był także lipiec 1994 r. i sierpień 2015 r. (po $22,3^{\circ}\text{C}$). Warto zauważyć, że rekordy wartości minimalnych zdarzały się przede wszystkim w okresie przedwojennym, natomiast rekordy wartości maksymalnych najczęściej pojawiały się w ostatnim 30-leciu.

Średnia temperatura powietrza każdego z miesięcy w wieloleciu 1874-2020 cechowała się trendem wzrostowym (wszystkie trendy oprócz stycznia i lutego są istotne statystycznie). Najszybsze tempo ocieplania dotyczy kwietnia i marca, a najwolniejsze – lutego, czerwca i września.

Tabela 39. Średnie miesięczne i roczne wartości temperatury powietrza ($^{\circ}\text{C}$) w Gorzowie w latach 1874-2020.

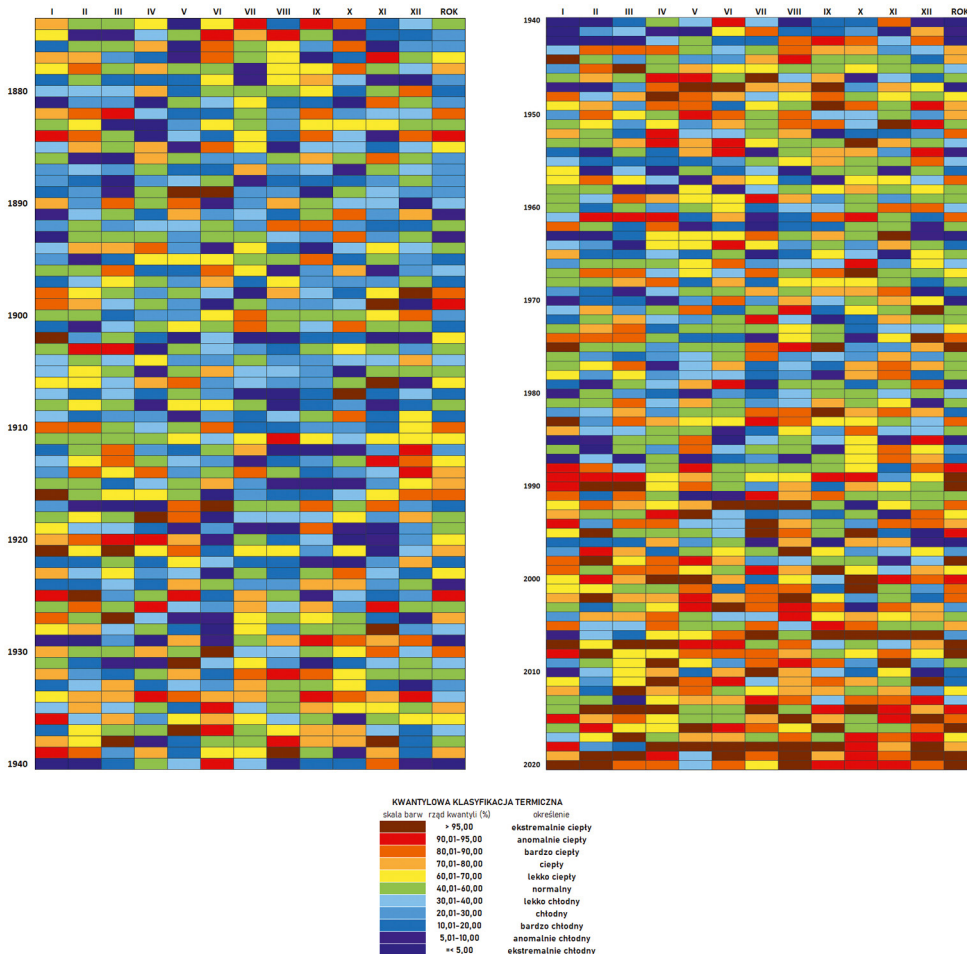
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	ROK
Średnia	-1,3	-0,3	3,0	8,0	13,1	16,5	18,2	17,5	13,7	8,6	3,5	0,2	8,4
Trend $^{\circ}\text{C}/10$ lat	0,11	0,08	0,14	0,15	0,13	0,07	0,10	0,18	0,09	0,11	0,13	0,13	0,12
Minimum	-10,9	-12,6	-2,2	3,8	9,3	11,7	14,7	14,3	9,2	4,6	-1,5	-7,2	6,1
Rok	1940	1929	1883	1929	1876	1923	1898	1902	1912	1922	1919	1969	1940
Maksimum	4,6	5,5	7,3	13,2	17,5	22,2	23,9	22,3	17,6	12,3	7,2	5,8	10,9
Rok	2007	1990	1990	2018	2018	2019	2006	2015	1947	1907	1938 1963	2015	2019
Średnie wartości 30-letnie													
1874-1900	-2,0	-0,4	2,1	7,4	12,2	16,4	17,8	16,9	13,3	8,1	3,0	-0,5	7,9
1901-1930	-0,9	-0,5	3,1	7,4	12,9	15,7	17,7	16,4	13,0	8,1	2,8	0,0	8,0
1931-1960	-1,8	-1,1	2,6	7,9	13,4	16,8	18,5	17,7	14,0	8,6	3,6	0,2	8,3
1961-1990	-1,7	-0,6	3,0	7,6	12,9	16,3	17,7	17,4	13,6	8,9	3,8	0,1	8,2
1991-2020	-0,1	0,9	4,1	9,5	14,0	17,3	19,4	19,0	14,3	9,2	4,3	1,1	9,4

Zobrazowanie odchyłeń od normy średnich wartości temperatury powietrza umożliwia kalendarz oparty na jedenastu klasach termicznych, z których każda przedstawiona jest innym kolorem. Ten rodzaj zestawienia, zaproponowany m.in. przez Miętusa i in. [2002], oparto na klasyfikacji kwantylowej. W założeniu tym dany miesiąc (pora roku, rok) uznany jest za mieszczący się w normie termicznej, jeśli jego średnia temperatura zawiera się w przedziale obejmującym kwantyle 40,01% i 60,00%. Kryteria pozostałych klas termicznych są opisane w objaśnieniu do rysunku 96. Kolory dobrano tak, że barwy od żółtej do czerwonej obejmują wartości temperatury powyżej normy, a niebieskie poniżej normy wieloletniej (1874-2020).

Przez ostatnie blisko 150 lat średnie wartości temperatury powietrza w klasach poniżej normy przeplatały się z różną częstością z klasami powyżej normy. Zauważalna jest przewaga okresów chłodnych do lat 20. XX w., a przez następne dwie dekady – przewaga miesięcy cieplejszych. Ten ostatni okres był przedzielony wyraźnie chłodniejszym 3-letnim epizodem (1940-1942). Od lat 50. do 80. XX w. pojawia się dość dużo miesięcy w normie termicznej. Począwszy od roku 1988 zdecydowanie przeważa kolor czerwony mówiący o przewadze okresów cieplejszych.

W podziale na miesiące najdłuższy okres z temperaturą poniżej normy trwał 13 miesięcy i wystąpił od sierpnia 1908 do sierpnia 1909 r. Również 13 miesięcy (od kwietnia 2018 do kwietnia 2019 r.) trwał najdłuższy epizod powyżej normy termicznej. Rozpatrując okresy roczne, najdłuższy nieprzerwany ciąg lat z wartościami

mi temperatury poniżej normy trwał 9 lat (1885-1893), a powyżej normy – 13 lat (1997-2009) i 10 lat (2011-2020). Zwraca uwagę fakt, że w ostatniej dekadzie, najcieplejszej w całej serii, aż 5 lat zostało sklasyfikowanych jako ekstremalnie ciepłe.



Rysunek 96. Klasyfikacja termiczna miesięcy i lat w okresie 1874-2020 w Gorzowie.

Badania Szwed [2021] wskazują, że do roku 2100 można oczekiwać dalszego wzrostu temperatury powietrza w rejonie Gorzowa, przy czym tempo wzrostu ma przyspieszyć w drugiej połowie XXI w. Spodziewać się należy wzrostu wartości średnich oraz ekstremalnych, z tym że prognozowany jest silniejszy wzrost wartości minimalnych niż maksymalnych. Przypuszcza się, że zwiększy się liczba dni uciążliwych dla człowieka z powodu stresu cieplnego, w tym dni upalnych oraz nocy gorących. Oczekiwany jest spadek liczby dni, podczas których temperatura powietrza będzie obniżać się poniżej 0°C.

PODSUMOWANIE

Rozpoznanie warunków klimatycznych Gorzowa możliwe było dzięki żmudnej pracy wielu pokoleń tutejszych obserwatorów meteorologicznych. Zaobserwowane w mieście wieloletnie tendencje większości parametrów meteorologicznych pokrywają się ze zmianami notowanymi w innych częściach Polski. Wśród najistotniejszych zmian klimatycznych wykrytych w gorzowskiej serii pomiarowej należy wymienić wzrost średniej rocznej temperatury powietrza, zapoczątkowany w końcu XX wieku. Obserwowane w Gorzowie ocieplenie klimatu przekłada się na coraz cieplejsze i krótsze zimy, mniejszą liczbę dni z mrozem, skrócenie okresów z przymrozkami, z opadami śniegu i z pokrywą śnieżną. Kosztem zimy wydłużają się pozostałe pory roku; przedwiosnie, wiosna i lato nadchodzą coraz wcześniej, a jesień i przedzime – później. Zmiany te są widoczne zarówno w termicznych porach roku, jak i w terminach faz rozwoju roślin wskaźnikowych. W cieplej połowie roku wydłuża się okres wegetacyjny i dojrzewania, częstsze są dni gorące i upalne oraz noce gorące. Maleje częstość występowania dni z odczuciem chłodu i zimna na rzecz wzrostu liczby dni z silnym i bardzo silnym stresem ciepła.

Badania warunków klimatycznych w Gorzowie pozwoliły stwierdzić wieloletni wzrost usłonecznienia, w tym coraz mniejszą liczbę dni bezsłonecznych i coraz większą liczbę dni ze Słońcem świecącym 10 godzin i więcej. W rozważaniach nad zachmurzeniem ogólnym nie stwierdzono istotnych zmian ilościowych, a zmiany jakościowe polegały na coraz mniejszym udziale niskich chmur warstwowych i większej liczbie obserwacji z chmurami kłębiasto-warstwowymi i pierzastymi. Ujawniono niewielki wzrost rocznych sum opadów, jednak to malejąca wilgotność względna powietrza i rosnące wskaźniki parowania decydują o przewadze ujemnych wartości klimatycznego bilansu wodnego w rejonie Gorzowa.

Interesujące wnioski dotyczą obecności zawiesin w powietrzu. W Gorzowie stwierdzono wzrost częstości mgieł, ale ich poszczególne epizody są coraz krótsze. Duże zmiany w ostatnim półwieczu objęły zamglenie i zmętnienie. Zawiesiny te występują coraz rzadziej, dzięki czemu wzrasta przejrzystość powietrza.

W wielu rozdziałach *Klimatu Gorzowa* pojawiały się wzmianki o krawędzi wysoczyzny przecinającej miasto, oddzielającej Pojezierze Południowopomorskie od Pradoliny Toruńsko-Eberswaldzkiej. Ta forma terenu jest motywem dominującym w krajobrazie Gorzowa, ale również pozostaje istotnym czynnikiem wpływającym na klimat lokalny. Krawędź wpływa na modyfikacje przepływu powietrza, co ujawnia się m.in. w charakterystycznych układach zachmurzenia w rejonie miasta oraz w istnieniu okresowej cyrkulacji wysoczyznowo-dolinnej. W sprzyjających warunkach omawiany uskoki terenu może mieć wpływ na intensyfikację zjawisk konwekcyjnych; wskutek wzmocnienia orograficznego w obrębie krawędzi wysoczyzny region doświadczył dwóch bezprecedensowych i katastrofalnych w skutkach zdarzeń – gradobicia z 11 czerwca 2019 r. i deszczu nawalnego z 8 września 2022 r.

Różnice topoklimatyczne między doliną a wysoczyzną są najbardziej widoczne podczas pogody radiacyjnej i ujawniają się w przebiegu większości elementów meteorologicznych. Zróznicowanie to było podstawą przeprowadzenia regionalizacji klimatycznej Gorzowa i okolic, w wyniku której wydzielono cztery regiony mezoklimatyczne, nawiązujące w dużej mierze do form rzeźby terenu. Lewobrzeżna część miasta obejmuje region doliny Warty, jest to obszar o najwyższej średniej rocznej temperaturze powietrza i – paradoksalnie – o najkrótszym okresie bezprzymrozkowym. Wklęsła forma terenu sprzyja nocnym spadkom temperatury i stagnacji powietrza; częściej niż gdzie indziej pojawiają się tu mgły radiacyjne. Wyżej położoną część Gorzowa

zaliczono do regionu Wysoczyzny Gorzowskiej. Charakteryzuje się on mniejszymi wahaniami temperatury powietrza i nieco większą roczną sumą opadów, panują tu lepsze warunki arosanitarne. Region krawędzi Wysoczyzny Gorzowskiej ma charakter przejściowy, warunki są zależne od wysokości nad dnem doliny Warty. Z kolei region doliny Kłodawki przyjmuje cechy klimatu wklęsłej formy terenu będącej rozcięciem erozyjnym wysoczyzny.

Na podstawie sposobu użytkowania terenu dokonano klasyfikacji topoklimatów Gorzowa. Wydzielono topoklimaty naturalne, antropogeniczne i wodne wraz z oceną oddziaływania na samopoczucie człowieka. Za najbardziej niekorzystne uznano obszary o gęstej zabudowie mieszkaniowej i tereny przemysłowe. Są one widoczne również na mapach temperatury powierzchni terenu wykonanych na podstawie zdjęć satelitarnych podczas słonecznych dni latem – ujawniają się jako obszary o najwyższej temperaturze w mieście.

EKSTREMALNE WARTOŚCI WYBRANYCH ELEMENTÓW METEOROLOGICZNYCH

Parametr	Wartość	Data/Czas wystąpienia	Uwagi
PROMIENIOWANIE SŁONECZNE CAŁKOWITE (2003-2020)			
Najwyższa suma roczna	4282 MJ/m ²	2018	
Najniższa suma roczna	3657 MJ/m ²	2017	
Najwyższa suma miesięczna	785,4 MJ/m ²	06.2019	
Najniższa suma miesięczna	29,6 MJ/m ²	12.2018	
Najwyższa suma dzienna	31,17 MJ/m ²	24.06.2019	
Najniższa suma dzienna	0,21 MJ/m ²	10.12.2020	
USŁONECZNIENIE (1955-2020)			
Najwyższa suma roczna	2171 h	2018	
Najniższa suma roczna	1238 h	1962	
Najwyższa suma miesięczna	398,2	07.2006	
Najniższa suma miesięczna	6,2 h	12.1971	
Najwyższa suma dzienna	16,6 h	09.06.1976	
Najdłuższy ciąg bez usłonecznienia	24 dni	20.12.1971 – 12.01.1972	
TEMPERATURA POWIETRZA (1951-2020)			
Najcieplejszy rok	10,9°C	2019	rekord od 1874
Najchłodniejszy rok	6,7°C	1956	6,1°C (1940)
Najcieplejszy miesiąc	23,9°C	07.2006	rekord od 1874
Najchłodniejszy miesiąc	-9,7°C	02.1956	-12,6°C (02.1929)
Najcieplejsza doba	30,3°C	01.08.1994	
Najchłodniejsza doba	-20,2°C	14.01.1987	
Absolutne maksimum	37,5°C	11.07.1959	rekord od 1874
Absolutne minimum	-27,1°C	09.02.1956	-29,2°C (10.02.1929)
Najcieplejsza noc (temp. minimalna)	23,2°C	16/17.07.2010	
Najwyższa dobowa amplituda	21,2°C	31.07.1964	
Najdłuższy ciąg dni upalnych	11 dni	23.07 – 02.08.1994 18-28.07.2006	
Najdłuższy ciąg dni mroźnych	34 dni	08.12.1969 – 10.01.1970	
Najdłuższy ciąg dni bardzo mroźnych	7 dni	11-17.01.1987	
WILGOTNOŚĆ POWIETRZA (1951-2020)			
Najwyższa roczna	85%	1958, 1960, 1961	
Najniższa roczna	74%	2018, 2020	
Najwyższa miesięczna	96%	11.1958	
Najniższa miesięczna	54%	07.2006, 04.2020	
Absolutne minimum	14%	20.07.2006, 19.04.2019	
ZACHMURZENIE (1966-2020)			
Najbardziej pochmurny rok	74%	1966, 1981	
Najbardziej pogodny rok	58%	1982	
Najbardziej pochmurny miesiąc	92%	01.2013	
Najbardziej pogodny miesiąc	31%	04.2009	

Jakub Soroka

Parametr	Wartość	Data/Czas wystąpienia	Uwagi
OPADY ATMOSFERYCZNE (1951-2020)			
Najwyższa suma roczna	871,9 mm	2017	
Najniższa suma roczna	335,4 mm	1982	
Najwyższa suma miesięczna	194,7 mm	07.1957	223,8 mm (06.1926)
Najniższa suma miesięczna	0,8 mm	04.2007	
Najwyższa suma dobowa	77,4 mm	08.08.1977	144,9 mm (07.09.2022)
Najdłuższy ciąg dni bez opadów	24 dni	29.09 - 22.10.1951	
POKRYWA ŚNIEŻNA (1950/51-2020/21)			
Sezon zimowy z największą liczbą dni	122 dni	1969/70	
Sezon zimowy z najmniejszą liczbą dni	0 dni	2019/20	
Najdłuższy ciąg dni z pokrywą śnieżną	113 dni	30.11.1969 - 22.03.1970	
Maksymalna grubość pokrywy śnieżnej	70 cm	05.03.1965	
Największy dobowy przyrost pokrywy śnieżnej	20 cm	27.02.1965, 05.03.1965	
Najwcześniejsze wystąpienie pokrywy śnieżnej		26.10.1997	
Najpóźniejsze wystąpienie pokrywy śnieżnej		28.04.1976	
CIŚNIENIE ATMOSFERYCZNE NA POZIOMIE MORZA (1966-2020)			
Najwyższe roczne	1017,8 hPa	1991	
Najniższe roczne	1013,3 hPa	2010	
Najwyższe miesięczne	1028,3 hPa	01.1989	
Najniższe miesięczne	1002,4 hPa	12.1981	
Absolutne maksimum	1050,8 hPa	23.01.2006	
Absolutne minimum	967,0 hPa	26.02.1989	966,1 hPa (23.12.1954)
Największy wzrost w ciągu 3 godzin	+13,2 hPa	05.10.2017	
Największy spadek w ciągu 3 godzin	-12,5 hPa	03.01.1976	
Największy wzrost w ciągu 24 godzin	+39,5 hPa	04.01.1976	
Największy spadek w ciągu 24 godzin	-44,8 hPa	28.01.2010	
WIATR (1966-2020, SERIA NIEJEDNORODNA)			
Najwyższa prędkość roczna	4,1 m/s	1975	
Najniższa prędkość roczna	2,4 m/s	1999, 2000, 2001, 2003	
Najwyższa prędkość miesięczna	5,9 m/s	01.1976	
Najniższa prędkość miesięczna	1,3 m/s	09.1972	
Najwyższa terminowa średnia prędkość	21 m/s	29.12.1974	
Największy poryw	40 m/s	21.10.1986	

Parametr	Wartość	Data/Czas wystąpienia	Uwagi
ZJAWISKA METEOROLOGICZNE (1966-2020)			
Największa roczna liczba dni z deszczem	225 dni	2017	
Najmniejsza roczna liczba dni z deszczem	125 dni	1969	
Największa miesięczna liczba dni z opadem deszczu	27 dni	10.1974, 02.2020	
Najmniejsza miesięczna liczba dni z opadem deszczu	0 dni	02.1986	
Najdłużej trwający epizod deszczu	57 godz.	5-8.11.1968	
Największa roczna liczba dni z opadem śniegu	80 dni	2010	
Najmniejsza roczna liczba dni z opadem śniegu	7 dni	2020	
Największa miesięczna liczba dni z opadem śniegu	26 dni	12.2010	
Najwcześniejszy opad śniegu w sezonie		24.10.1997, 24.10.2003	03.10.1998 opad deszczu ze śniegiem
Najpóźniejszy opad śniegu w sezonie		11.05.1978	23.05.1991 opad krupy śnieżnej
Największa roczna liczba dni z opadem gradu	4 dni	1991, 1997, 2005	
Największa miesięczna liczba dni z opadem gradu	3 dni	05.2005	
Największa średnica gradziny	4 cm	11.06.2019	10-12 cm poza stacją
Największa roczna liczba dni z burzą	37 dni	1968	
Najmniejsza roczna liczba dni z burzą	10 dni	1976	
Największa miesięczna liczba dni z burzą	14 dni	07.2012	
Najdłużej trwająca burza	7,5 godz.	07.06.1998	
Największa roczna liczba dni z mgłą	85 dni	2000	
Najmniejsza roczna liczba dni z mgłą	45 dni	1967	
Największa miesięczna liczba dni z mgłą	19 dni	01.1973	
Najdłużej trwająca mgła	83 godz.	2-5.11.1993	

LITERATURA

- Atlas klimatu Polski, 2005, H. Lorenc (red.), IMGW, Warszawa, 116 s.
- Bartkowski T., 1968, Podział Polski północno-zachodniej na regiony fizycznogeograficzne, Prace Wydziału Biologii i Nauk o Ziemi. Seria Geografia, 4, UAM, Poznań, 204 s.
- Bartoszek K., Łachowski W., Matuszko D., 2023, The increase in the proportion of impervious surfaces and changes in air temperature, relative humidity, and cloud cover in Poland. *Quaestiones Geographicae*, 42 (1), 25-41, DOI: 10.14746/quageo-2023-0003.
- Bednorz E., 2001, Pokrywa śnieżna a kierunki napływu mas powietrza w Polsce Północno-Zachodniej, Seria Geografia, 65, Wydawnictwo Naukowe UAM, Poznań, 130 s.
- Bielec-Bąkowska Z., 2021, Change of hail frequency, [w:] *Climate Change in Poland – Past, Present, Future*, M. Falarz (red.), Springer Climate, 443-451, DOI: 10.1007/978-3-030-70328-8_17.
- Bielec-Bąkowska Z., Piotrowicz K., 2013, Temperatury ekstremalne w Polsce w latach 1951-2006, *Prace Geograficzne*, 132, 59-98, DOI: 10.4467/20833113PG.13.004.1094.
- Bielec-Bąkowska Z., Piotrowicz K., 2021, Air pressure change [w:] *Climate Change in Poland – Past, Present, Future*, M. Falarz (red.), Springer Climate, 151-176, DOI: 10.1007/978-3-030-70328-8_7.
- Bielec-Bąkowska Z., Taszarek M., Kolendowicz L., 2021, Change of thunderstorms and tornadoes, [w:] *Climate Change in Poland – Past, Present, Future*, M. Falarz (red.), Springer Climate, 421-441, DOI: 10.1007/978-3-030-70328-8_16.
- Błażejczyk K., 2002, Znaczenie czynników cyrkulacyjnych i lokalnych w kształtowaniu klimatu i bioklimatu aglomeracji warszawskiej, *Dokumentacja Geograficzna*, 26, IGiPZ PAN, 161 s.
- Błażejczyk K., Broede P., Fiala D., Havenith G., Holmér I., Jendritzky G., Kampmann B., 2010, UTCI – nowe narzędzie badania warunków bioklimatycznych w różnych skalach czasowych i przestrzennych, *Przegląd Geofizyczny*, 60 (1-2), 5-19.
- Błażejczyk K., Kunert A., 2011, Bioklimatyczne uwarunkowania rekreacji i turystyki w Polsce, *Monografie IGiPZ PAN*, 13, 366 s.
- Bokwa A., 2010, Wieloletnie zmiany struktury mezoklimatu miasta na przykładzie Krakowa, *IGiP UJ, Kraków*, 258 s.
- Bokwa A., Wypych A., Hajto M., 2021, Change of fog frequency, [w:] *Climate Change in Poland – Past, Present, Future*, M. Falarz (red.), Springer Climate, 453-470, DOI: 10.1007/978-3-030-70328-8_18.
- Bubień A., 1975, Ocena środowiska geograficznego w powiecie gorzowskim dla potrzeb planowania przestrzennego, *Prace Komisji Geograficzno-Geologicznej*, 15, Poznańskie Towarzystwo Przyjaciół Nauk, Poznań, 111 s.
- Buchert L., 2006, Częstość występowania mas powietrza w rejonie Poznania w latach 1965-1990, *Przegląd Geofizyczny*, 51 (3-4), 237-243.
- Buczowska K., 2021, Występowanie burz w Gorzowie Wielkopolskim w latach 1971-2020, praca licencjacka napisana w ZMiK UAM pod kier. prof. UAM dr. hab. A. M. Tomczyka, WNGIG UAM, Poznań, 26 s.
- Chomicz K., 1951, Ulewy i deszcze nawalne w Polsce, *Wiadomości Służby Hydrologicznej i Meteorologicznej*, 2 (3), 5-88.

- Czaja S., Pociask-Karteczka J., 2017, Obieg wody na terenach zurbanizowanych i uprzemysłowionych, [w:] Hydrologia Polski, P. Jokiel, W. Marszelewski, J. Pociask-Karteczka (red.), PWN, Warszawa, 65-74.
- Dobek M., Gawrysiak L., 2009, Rozkład przestrzenny nasłonecznienia w Lublinie, *Prace Geograficzne*, 122, 49-53.
- Ewert A., 1997, Zmiany kontynentalizmu termicznego w północno-zachodniej Polsce w zależności od odległości od wybrzeża. *Badania Fizjograficzne nad Polską Zachodnią. Seria A*, 48, 45-55.
- Falarz M., Bednorz E., 2021, Snow cover change, [w:] *Climate Change in Poland – Past, Present, Future*, M. Falarz (red.), Springer Climate, 375-390, DOI: 10.1007/978-3-030-70328-8_14.
- Falarz M., Małarzewski Ł., Uscka-Kowalkowska J., Matuszko D., Budzik T., 2021, Solar radiation change, [w:] *Climate Change in Poland – Past, Present, Future*, M. Falarz (red.), Springer Climate, 177-188, DOI: 10.1007/978-3-030-70328-8_8.
- Farat R., Kępińska-Kasprzak M., Kowalczak P., Mager P., 1995, Susze na obszarze Polski w latach 1951-1990, *Materiały Badawcze IMGW. Seria: Gospodarka Wodna i Ochrona Wód*, 16, 140 s.
- Fenologiczne pory roku, 2023, serwis internetowy „Agrometeo”, IMGW-PIB, dostępne online https://agrometeo.imgw.pl/fenologia/fenologiczne_pory_roku.
- Filipiak J., 2021, Change of cloudiness, [w:] *Climate Change in Poland – Past, Present, Future*, M. Falarz (red.), Springer Climate, 217-274, DOI: 10.1007/978-3-030-70328-8_10.
- Fortuniak K., 2003, Miejska wyspa ciepła. Podstawy energetyczne, studia eksperymentalne, modele numeryczne i statystyczne, Wydawnictwo UŁ, Łódź, 233 s.
- Gabała J., 2017, Stacja Meteorologiczna Państwowej Wyższej Szkoły Zawodowej w Tarnowie, *Science, Technology and Innovation*, 1 (1), 73-82, DOI: 10.5604/01.3001.0010.7618.
- Geograficzno-polityczny atlas Polski. Polska w świecie współczesnym: Perspektywa 2022, 2022, M.W. Solarz (red.), Wyd. Trzecia Strona, Warszawa, 391 s.
- Hess M., Niedźwiedz T., Obrębska-Starkłowa B., 1989, Bioklimat Krakowa, *Zeszyty Naukowe UJ, Prace Geograficzne*, 73, 7-57.
- Instrukcja dla stacji meteorologicznych, 1988, F. Janiszewski (red.), seria: Instrukcje i Podręczniki, IMGW, Wyd. Geologiczne, Warszawa, 264 s.
- Instrukcja dla stacji meteorologicznych, 2015, K. Róźdzynski (red.), seria: Instrukcje i Podręczniki, IMGW-PIB, Warszawa, 442 s.
- Januszewski J., 1961, Najważniejsze cechy klimatu, [w:] *Województwo zielonogórskie – monografia geograficzno-gospodarcza*, F. Barciński, B. Krygowski i S. Zajchowska (red.), Wyd. Instytutu Zachodniego, Poznań, 67-108.
- Jurczyk A., Ośrółka K., Szturc J., Pasierb M., Kurcz A., 2023, Long-term multi-source precipitation estimation with high resolution (RainGRS Clim), *Atmospheric Measurement Techniques*, 16, 4067-4079, DOI: 10.5194/amt-16-4067-2023.
- Kalbarczyk E., Kalbarczyk R., 2006, Classification of periods of atmospheric drought on the Gorzów plain in the years 1965-2004, *Polish Journal of Natural Sciences*, 20 (1), 33-44.
- Kejna M., Uscka-Kowalkowska J., 2012, Porównanie wyników rejestracji usłonecznienia heliografem Campbell-Stokesa i czujnikiem świecenia Słońca DSU12 w Koniczynie k. Torunia w latach 2006-2010, *Przełęcz Geofizyczny*, 62 (1), 11-20.

- Kern H., 1969, Stosunki glebowe i przydatność rolnicza gleb doliny rzeki Warty w województwie zielonogórskim, Prace Komisji Biologii Stosowanej w Gorzowie, Lubuskie Towarzystwo Naukowe, Poznań – Zielona Góra, 139 s.
- Kewitsch G., 1884, 10-jährige Mittel der Wetterbeobachtungen zu Landsberg a./W., [w:] Festschrift zur 25-jährigen Jubelfeier des Gymnasiums und Realgymnasiums zu Landsberg a. W., R. Schneider & Sohn, Landsberg a. W., 55-113.
- Kędziora A., 1999, Podstawy agrometeorologii, PWRiL, Poznań, 364 s.
- Kępińska-Kasprzak M., Struzik P., 2019, Reakcja roślin dziko rosnących na obserwowane ocieplenie klimatu, [w:] Współczesne problemy klimatu Polski, L. Chojnacka-Ożga, H. Lorenc (red.), IMGW-PIB, Warszawa, 233-244.
- Kirschenstein M., 2005, Wieloletnie zmiany sum opadów atmosferycznych na wybranych stacjach północno-zachodniej Polski, Słupskie Prace Geograficzne, 2, 199-214.
- Klimakunde des Deutschen Reiches, 1939, Reichsamt für Wetterdienst, 2, Berlin, 560 s.
- Klimat Polski 2022, 2023, IMGW-PIB, dostępne online http://www.imgw.pl/sites/default/files/2023-05/klimat-polski-2022_raport-koncowy.pdf.
- Kolendowicz L., 1994, Typy cyrkulacji atmosfery a występowanie dni z burzą w Gorzowie Wielkopolskim i Kołobrzegu w latach 1951-1990, Badania Fizjograficzne nad Polską Zachodnią. Seria A, 45, 147-164.
- Kołkowska K., Lorenc H., 2012, Ryzyko występowania gradu w Polsce, [w:] Klęski żywiołowe a bezpieczeństwo wewnętrzne kraju, H. Lorenc (red.), IMGW-PIB, Warszawa, 80-97.
- Kotońska B., Tamulewicz J., 1990, Stosunki termiczne i opadowe na Nizinie Wielkopolskiej w latach 1951-1985, Badania Fizjograficzne nad Polską Zachodnią. Seria A, 41, 43-62.
- Kowanetz L., 2007, Stosunki anemologiczne, [w:] Klimat Krakowa w XX wieku, D. Matuszko (red.), IGiGP UJ, Kraków, 149-167.
- Kozłowska-Szczęśna T., Błażejczyk K., Krawczyk B., 1997, Bioklimatologia człowieka. Metody i ich zastosowanie w badaniach bioklimatu Polski, Monografie IGiPZ PAN, 1, Warszawa, 200 s.
- Koźmiński C., Michalska B., 2000, Klimatyczna charakterystyka rejonu stacji agrometeorologicznej w Lipkach k. Stargardu Szczecińskiego, AR w Szczecinie, Szczecin, 84 s.
- Król S., 1994, Klimat, [w:] Przyroda województwa gorzowskiego, S. Król (red.), WFOŚiGW, Gorzów Wlkp., 16-17.
- Kuchcik M., Błażejczyk K., Halaś A., 2021, Changes in bioclimatic indices, [w:] Climate Change in Poland – Past, Present, Future. M. Falarz (red.), Springer Climate, 471-491, DOI: 10.1007/978-3-030-70328-8_19.
- Lewińska J., 2000, Klimat miasta. Zasoby, zagrożenia, kształtowanie, Instytut Gospodarki Przestrzennej i Komunalnej, Oddział w Krakowie, Kraków, 151 s.
- Limanówka D., Niedźwiedz T., Ustrnul Z., 1993, Prawdopodobieństwo występowania wybranych ekstremalnych charakterystyk termicznych w Polsce, Zeszyty IGiPZ PAN, 18, 31-48.
- Lorenc H., 2006, Ocena jakości danych meteorologicznych po wprowadzeniu automatycznych przyrządów rejestrujących na sieci IMGW, Annales UMCS. Sectio B, 61, 256-266.
- Lorenc H., 2012, Maksymalne prędkości wiatru w Polsce, IMGW-PIB, Warszawa, 100 s.

- Lorenc H., Cebulak E., Głowicki B., Kowalewski M., 2012, Struktura występowania intensywnych opadów deszczu powodujących zagrożenie dla społeczeństwa, środowiska i gospodarki Polski, [w:] Klęski żywiołowe a bezpieczeństwo wewnętrzne kraju, H. Lorenc (red.), IMGW-PIB, Warszawa, 7-32.
- Lorenc H., Myszura A., 2012, Ryzyko występowania mgieł w Polsce, [w:] Klęski żywiołowe a bezpieczeństwo wewnętrzne kraju, H. Lorenc (red.), IMGW-PIB, Warszawa, 60-79.
- Lorenc H., Suwalska-Bogucka M., 1995, Metody obliczania średniej dobowej temperatury i wilgotności względnej powietrza, Materiały Badawcze IMGW. Seria: Meteorologia, 24, 41 s.
- Łupikasza E., Małarzewski Ł., 2021, Precipitation change, [w:] Climate Change in Poland – Past, Present, Future. M. Falarz (red.), Springer Climate, 349-373, DOI: 10.1007/978-3-030-70328-8_13.
- Mapy klimatu Polski, 2023, IMGW-PIB, dostępne online <https://klimat.imgw.pl/pl/climate-maps/>.
- Martyn D., 1987, Klimaty kuli ziemskiej, PWN, Warszawa, 667 s.
- Matuszko D., 2007, Klimat Krakowa w XX wieku, IGiGP UJ, Kraków, 251 s.
- Matuszko D., 2009, Wpływ zachmurzenia na osłonecznienie i całkowite promieniowanie słoneczne na przykładzie krakowskiej serii pomiarów, Wyd. UJ, Kraków, 232 s.
- Matuszko D., 2012, Porównanie wartości osłonecznienia mierzonego heliografem Campbella-Stokesa i czujnikiem elektronicznym CSD3, Przegląd Geofizyczny, 62 (1), 3-10.
- Matuszko D., 2018, Chmury i pogoda. Nowa międzynarodowa klasyfikacja chmur. Wyd. UJ, Kraków, 114 s.
- Matuszko D., Węglarczyk S., Bartoszek K., Soroka J., Bogdańska B., 2021, Change of sunshine, [w:] Climate Change in Poland – Past, Present, Future. M. Falarz (red.), Springer Climate, 189-215, DOI: 10.1007/978-3-030-70328-8_9.
- Miara K., Paszyński J., Grzybowski J., 1987, Zróżnicowanie przestrzenne bilansu promieniowania na obszarze Polski, Przegląd Geograficzny, 59 (4), 487-509.
- Miętus M., Owczarek M., Filipiak J., 2002, Warunki termiczne na obszarze Wybrzeża i Pomorza w świetle wybranych klasyfikacji, Materiały Badawcze IMGW. Seria: Meteorologia, 36, 56 s.
- Miętus M., Wielbińska D., 1999, Historia obserwacji meteorologicznych w okresie przed rokiem 1945 w Gorzowie Wielkopolskim, Wiadomości IMGW, 22 (43), 3, 153-158.
- Miszuk B., Kasprowicz T., 2018, Klimat województwa lubuskiego, [w:] Stan środowiska w województwie lubuskim w latach 2016-2017, Biblioteka Monitoringu Środowiska, WIOŚ, Zielona Góra, 221-228.
- Miszuk B., Otop I., Strońska M., 2014, Ocena znaczenia zielonej infrastruktury dla kształtowania warunków klimatycznych (mezoklimatu i topoklimatu) na obszarze Wrocławskiego Obszaru Metropolitalnego (WROM), opracowanie wykonane na zlecenie Instytutu Rozwoju Terytorialnego we Wrocławiu w ramach programu Central Europe, Wrocław, 58 s.
- Okołowicz W., 1969, Klimatologia ogólna, PWN, Warszawa, 395 s.
- Ostrowski M., 1999, Meteorologia dla lotnictwa sportowego, Aeroklub Polski, Warszawa, 391 s.
- Paczos S., 1982, Stosunki termiczne i śnieżne zim w Polsce, Rozprawy habilitacyjne, 24, Wyd. UMCS, Lublin, 180 s.
- Paszyński J., 1980, Metody sporządzania map topoklimatycznych, Dokumentacja Geograficzna, 3, IGiPZ PAN, 13-28.
- Piasecki K., Matczak P., Tazarek M., Czernecki B., Skop F., Sobisiak A., 2023, Giant hail in Poland produced by a supercell merger in extreme instability – A sign of a warming climate?, Atmospheric Research, 292, 106843, DOI: 10.1016/j.atmosres.2023.106843.

- Plan adaptacji do zmian klimatu Miasta Gorzowa Wielkopolskiego do roku 2030, 2019, Z. Cichocki (red.), załącznik do Uchwały Nr VI/101/2019 Rady Miasta Gorzowa Wielkopolskiego z dnia 27 marca 2019 r., dostępne online <https://um.gorzow.pl/dokumenty-strategiczne.html>.
- Pohl R., 1901, *Heimatkunde der Stadt und des Kreises Landsberg a. W.*, Volger & Klein, Landsberg a. W., 72 s.
- Prawdź K., 1970, Warunki klimatyczne i charakterystyka agrometeorologiczna doliny Warty i Noteci w obrębie województwa zielonogórskiego, *Szczecińskie Towarzystwo Naukowe, Szczecin*, 52 s.
- Prawdź K., Koźmiński C., 1972, *Agroklimat województwa zielonogórskiego*, Redakcja Poradnika Gospodarskiego w Poznaniu, Poznań, 200 s.
- Rocznik Meteorologiczny 1956, 1959, Seria Roczniki PIHM, Wyd. Komunikacyjne, Warszawa, 296 s.
- Romer E., 1949, *Regiony klimatyczne Polski*, Prace Wrocławskiego Towarzystwa Naukowego. Seria B, 16, 26 s.
- Różdżyński K., 2013, Mikrozmiennosc charakterystyk urządzeń termo- i higrometrycznych w automatycznych stacjach meteorologicznych PSHM, IMGW-PIB, Warszawa, 237 s.
- Słownik meteorologiczny, 2003, T. Niedźwiedz (red.), PTGeof., IMGW, Warszawa, 496 s.
- Sobisiak A., 2020, Przebieg dobowy i roczny burz w Gorzowie Wielkopolskim w latach 2000-2019, praca licencjacka napisana w Zakładzie Klimatologii UAM pod kier. dr. B. Czerneckiego, WNGiG UAM, Poznań, 32 s.
- Solon J., Borzyszkowski J., Bidłasiak M., Richling A., Badora K., Balon J., Brzezińska-Wójcik T., Chabudziński Ł., Dobrowolski R., Grzegorzczak I., Jodłowski M., Kistowski M., Kot R., Krąż P., Lechnio J., Macias A., Majchrowska A., Malinowska E., Migoń P., Myga-Piątek U., Nita J., Papińska E., Rodzik J., Strzyż M., Terpiłowski S., Ziaja W., 2018, Physico-geographical mesoregions of Poland: Verification and adjustment of boundaries on the basis of contemporary spatial data, *Geographia Polonica*, 91 (2), 143-170, DOI: 10.7163/GPol.0115.
- Soroka J., 2019, Historia obserwacji meteorologicznych w Gorzowie, *Nadwarciański Rocznik Historyczno-Archiwalny*, 26, 161-185.
- Stopa M., 1965, Rejony burzowe w Polsce, *Dokumentacja Geograficzna*, IG PAN, 1, 96 s.
- Stopa M., 1968, Temperatura powietrza w Polsce (część I), *Dokumentacja Geograficzna*, IG PAN, 2, 213 s.
- Strużka V., 1959, Metody badań bioklimatycznych, *Przegląd Zagranicznej Literatury Geograficznej*, 3, PAN, 170-195.
- Suwała K., 2011, Występowanie opadów gradu na obszarze Niziny Wielkopolskiej, *Badania Fizjograficzne*, 2, A62, 135-150.
- Szewczak P., 2010, *Meteorologia dla pilota samolotowego (PPL, CPL, ATPL, IR)*, Wyd. Avia-Test, Poznań, 532 s.
- Szturc J., Jurczyk A., Ośródk K., Wyszogrodzki A., Giszterowicz M., 2018, Precipitation estimation and now-casting at IMGW-PIB (SEiNO system), *Meteorology, Hydrology and Water Management*, 6 (1), 3-12, DOI: 10.26491/mhwm/76120.
- Szwed M., 2021, Projections of temperature changes in Poland, [w:] *Climate Change in Poland – Past, Present, Future*. M. Falarz (red.), Springer Climate, 513-528, DOI: 10.1007/978-3-030-70328-8_21.
- Szyga-Pluta K., Wojtkowiak D., 2019, Charakterystyka opadów atmosferycznych w Gorzowie Wielkopolskim w latach 1951-2016, *Badania Fizjograficzne*, 10, A70, 133-149, DOI: 10.14746/bfg.2019.10.7.
- Trepińska J., 2002, *Górskie klimaty*, Wyd. IGI GP UJ, Kraków, 202 s.

- Trepińska J., Ustrnul Z., Kowanetz L., 1997, Variability of the air temperature in Central Europe in the years 1792-1995, *Geographia Polonica*, 70, 43-52.
- Urban G., 2010, Ocena wybranych metod obliczania średniej dobowej, miesięcznej i rocznej wartości temperatury powietrza (na przykładzie Sudetów Zachodnich i ich przedpola), *Opera Corcontica*, 47, 23-33.
- Urban G., 2020, *Klimat Zielonej Góry*, IMGW-PIB, Warszawa, 81 s.
- Urban G., Strug K., 2021, Evaluation of precipitation measurements obtained from different types of rain gauges, *Meteorologische Zeitschrift*, 30 (5), 445-463, DOI: 10.1127/metz/2021/1084.
- Vademecum. Niebezpieczne zjawiska meteorologiczne (geneza, skutki, częstota występowania), 2014, D. Li-manówka (red.), część 3 – województwa: 4 – lubuskie, IMGW-PIB, Warszawa, 40 s.
- Warunki przyrodnicze produkcji rolnej – woj. gorzowskie, 1985, H. Kern (red.), IUNG, Puławy, 45 s.
- Wibig J., 2017, *Klimatyczny bilans wodny*, [w:] *Hydrologia Polski*, P. Jokiel, W. Marszelewski, J. Pociask-Karteczka (red.), PWN, Warszawa, 49-54.
- Wibig J., 2021, Change of wind, [w:] *Climate Change in Poland – Past, Present, Future*. M. Falarz (red.), Springer Climate, 391-420, DOI: 10.1007/978-3-030-70328-8_15.
- Wiczorkewicz G., 1875, Das erste Jahr der meteorologischen Station Landsberg a. d. W. 1874, [w:] *Programm des Gymnasiums mit Realklassen zu Landsberg a. W.*, R. Schneider, Landsberg a. d. W., 3-18.
- Wiszniewski W., Chelchowski W., 1975, Charakterystyka klimatu i regionizacja klimatologiczna Polski, IMGW, WKiŁ, Warszawa, 37 s.
- WMO, 2017, *International Cloud Atlas. Manual on the Observation of Clouds and Other Meteors*, WMO-No. 407, dostępne online <https://cloudatlas.wmo.int>.
- WMO, 2021, *Guide to Instruments and Methods of Observation. Volume I – Measurement of Meteorological Variables*, WMO-No. 8, 559 s.
- Woś A., 1987, Usłonecznienie Niziny Wielkopolskiej, *Badania Fizjograficzne nad Polską Zachodnią. Seria A*, 37, 213-232.
- Woś A., 1994a, Cyrkulacyjne czynniki klimatu Niziny Wielkopolskiej, *Badania Fizjograficzne nad Polską Zachodnią. Seria A*, 45, 105-119.
- Woś A., 1994b, *Klimat Niziny Wielkopolskiej*, Wyd. Naukowe UAM, Poznań, 192 s.
- Wypych A., 2021, Air humidity change, [w:] *Climate Change in Poland – Past, Present, Future*. M. Falarz (red.), Springer Climate, 331-348, DOI: 10.1007/978-3-030-70328-8_12.

Inne źródła danych

- GUGiK, 2023 – Numeryczny model terenu w układzie PL-EVRF2007-NH, Główny Urząd Geodezji i Kartografii, dostępne online: <https://www.geoportal.gov.pl> (30.09.2023).
- IMGW-PIB, 2023 – Dane publiczne IMGW-PIB, dane meteorologiczne 1951-2020, Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej – Państwowy Instytut Badawczy, dostępne online: <https://danepubliczne.imgw.pl> (30.09.2023).
- ISTI, 2023, *International Surface Temperature Initiative, Global Land Surface Temperature Databank – Stage 2 Monthly*, dostępne online: <https://www.ncei.noaa.gov/pub/data/globaldatabank/monthly/stage2/> (30.09.2023).

IWAWRW1, 2022 – dane z prywatnej automatycznej stacji meteorologicznej w Wawrowie, działającej w sieci „Weather Underground”, dostępne online: <https://www.wunderground.com/dashboard/pws/IWAWRW1> (30.09.2023).

OSM, 2023 – OpenStreetMap, mapa podstawowa dostępna na licencji Open Database License, dostępne online: <https://www.openstreetmap.org> (30.09.2023).

UA2018, 2023 – Urban Atlas Land Cover/Land Use 2018, mapa użytkowania i pokrycia terenu, European Environment Agency (EEA), Copernicus – Land Monitoring Service, DOI: 10.2909/fb4dffa1-6ceb-4cc0-8372-1ed354c285e6.

WiMBP, 2023 – archiwalne egzemplarze prasy regionalnej w zasobach Wojewódzkiej i Miejskiej Biblioteki Publicznej w Gorzowie Wielkopolskim (Gazeta Gorzowska, Gazeta Zielonogórska, Gazeta Lubuska, Ziemia Gorzowska, Gazeta Zachodnia).