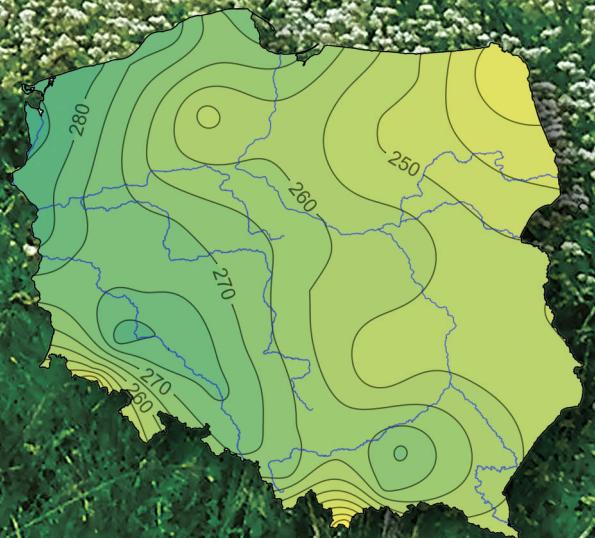
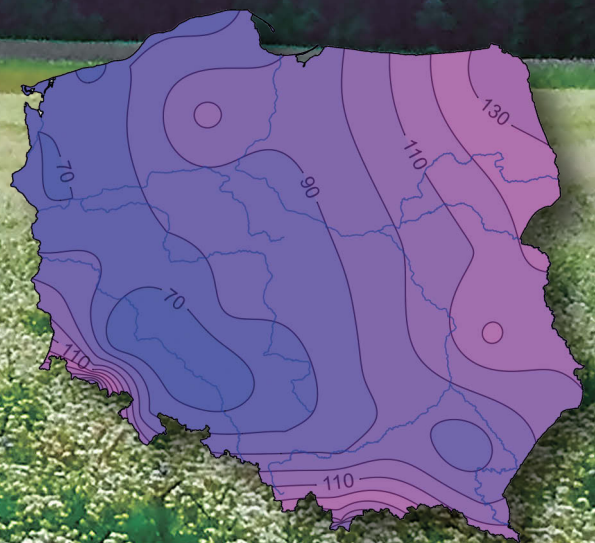


# Atlas klimatu Polski (1991–2020)



**Atlas  
klimatu Polski  
(1991–2020)**



# **Atlas klimatu Polski (1991–2020)**

**Redakcja naukowa:  
Arkadiusz M. Tomczyk, Ewa Bednorz**

**Bogucki Wydawnictwo Naukowe  
Poznań 2022**





Publikacja sfinansowana ze środków  
Zakładu Meteorologii i Klimatologii  
oraz Wydziału Nauk Geograficznych i Geologicznych  
Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza w Poznaniu

Recenzenci:

prof. dr hab. Krzysztof Fortuniak

prof. dr hab. Tadeusz Niedźwiedź

Fotografia na okładce: Leszek Bednorz

Copyright © Authors, Poznań 2022

ISBN 978-83-7986-415-7

Bogucki Wydawnictwo Naukowe  
ul. Górna Wilda 90, 61-576 Poznań  
[biuro@bogucki.com.pl](mailto:biuro@bogucki.com.pl)  
[www.bogucki.com.pl](http://www.bogucki.com.pl)

Druk i oprawa:  
[totem.com.pl](http://totem.com.pl)

## Spis treści

Autorzy .....	6
Przedmowa .....	7
Wprowadzenie .....	9
Dane i metody badań .....	12
Ciśnienie atmosferyczne na poziomie morza .....	12
Prędkość wiatru .....	13
Usłonecznienie .....	13
Temperatura powietrza .....	14
Wilgotność powietrza .....	15
Zachmurzenie .....	16
Opady atmosferyczne .....	16
Pokrywa śnieżna .....	16
Zjawiska atmosferyczne .....	17
Spis map .....	18
Literatura .....	22
Załącznik 1 .....	24
Mapy .....	25

# Autorzy

## **Krzysztof Bartoszek**

Katedra Hydrologii i Klimatologii  
Wydział Nauk o Ziemi i Gospodarki Przestrzennej  
Uniwersytet Marii Curie-Skłodowskiej w Lublinie  
[krzysztof.bartoszek@mail.umcs.pl](mailto:krzysztof.bartoszek@mail.umcs.pl)

## **Ewa Bednorz**

Zakład Meteorologii i Klimatologii  
Wydział Nauk Geograficznych i Geologicznych  
Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu  
[ewa.bednorz@amu.edu.pl](mailto:ewa.bednorz@amu.edu.pl)

## **Zuzanna Bielec-Bąkowska**

Instytut Nauk o Ziemi  
Wydział Nauk Przyrodniczych  
Uniwersytet Śląski w Katowicach  
[zuzanna.bielec-bakowska@us.edu.pl](mailto:zuzanna.bielec-bakowska@us.edu.pl)

## **Dorota Matuszko**

Zakład Klimatologii  
Wydział Geografii i Geologii  
Uniwersytet Jagielloński  
[d.matuszko@uj.edu.pl](mailto:d.matuszko@uj.edu.pl)

## **Arkadiusz M. Tomczyk**

Zakład Meteorologii i Klimatologii  
Wydział Nauk Geograficznych i Geologicznych  
Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu  
[atomczyk@amu.edu.pl](mailto:atomczyk@amu.edu.pl)

## **Joanna Wibig**

Zakład Meteorologii i Klimatologii  
Wydział Nauk Geograficznych  
Uniwersytet Łódzki  
[joanna.wibig@geo.uni.lodz.pl](mailto:joanna.wibig@geo.uni.lodz.pl)

## **Agnieszka Wypych**

Zakład Klimatologii  
Wydział Geografii i Geologii  
Uniwersytet Jagielloński w Krakowie  
[agnieszka.wypych@uj.edu.pl](mailto:agnieszka.wypych@uj.edu.pl)

# Przedmowa

*Ewa Bednorz*

Klimat Polski doczekał się w XX i XXI wieku wielu znakomitych opracowań kartograficznych. Należy do nich *Atlas klimatu Polski* (2005) opublikowany przez Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej (IMGW) zawierający mapy skonstruowane na podstawie materiałów z wielolecia 1971–2000. Obecnie Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej – Państwowy Instytut Badawczy (IMGW-PIB) publikuje na stronie internetowej *Mapy klimatu Polski* (<https://klimat.imgw.pl/pl/climate-maps>), gdzie można znaleźć mapy klimatyczne w różnych ujęciach czasowych (miesięcznym, sezonowym i rocznym), prezentujące parametry meteorologiczne z trzydziestolecia 1971–2000, 1981–2010 oraz z ostatniego okresu referencyjnego 1991–2020, sukcesywnie uzupełniane o kolejne charakterystyki. Następną pozycją jest wydany w 2009 roku, opatrzone obszernymi komentarzami, *Atlas ekstremalnych zjawisk meteorologicznych oraz sytuacji synoptycznych w Polsce* (Ustrnul i Czekierda 2009), dotyczący ekstremów pogodowych, jakie wystąpiły w latach 1951–2006. Atlas ten przedstawia – oprócz skrajnych wartości – wnikliwe analizy synoptycznych warunków ich wystąpienia. Kluczowy dla rozpoznania potencjalnych zagrożeń zjawiskami atmosferycznymi dla człowieka i przyrody i tym samym dla zapewnienia bezpieczeństwa jest *Atlas zagrożeń meteorologicznych Polski* (Ustrnul i in. 2014), który zawiera kilkaset map opracowanych na podstawie danych z lat 1951–2010, prezentujących przestrzenne zróżnicowanie wybranych zagrożeń meteorologicznych oraz ich zmienność czasową na obszarze Polski.

Szczególne miejsce w opracowaniach kartograficznych zajmują opady atmosferyczne, którym poświęcone zostały rozdziały bądź odrębne projekty. Najnowszym przykładem jest dostępny na platformie cyfrowej atlas natężenia opadów atmosferycznych, przygotowany w ramach projektu PANDA (*Polski Atlas Natężeń Deszczów*; Licznar i in. 2020). Wcześniej mapy opadów ulewnych o dużym natężeniu opublikowano w *Atlasie hydrologicznym* z 1987 roku (Cebulak i in. 1987). Do najważniejszych z tej grupy należy opracowany przez Wiszniewskiego najstarszy atlas z 1953 roku, zawierający bardzo dokładne mapy opadów opracowane na podstawie danych ze wszystkich stacji meteorologicznych i opadowych (zarówno polskich jak i niemieckich) za okres 1891–1930 (Wiszniewski 1953). Obszerne informacje o klimacie Polski zostały opublikowane w monumentalnym *Atlasie Rzeczypospolitej Polskiej* (red. Najgrakowski 1997), którego część 31. zawiera ponad sto map klimatycznych dla trzydziestolecia 1951–1980.



Współczesne zmiany klimatyczne – zwłaszcza dynamiczny wzrost temperatury – sprawiają, że charakterystyki klimatu oparte na średnich wartościach z trzydziestolecia różnią się istotnie wraz z upływem kolejnych dekad. Niestacjonarność statystyk klimatycznych stwarza potrzebę konstruowania nowych podsumowań, analiz i map, do czego dodatkowo mobilizuje zakończenie trzydziestolecia 1991–2020 przyjmowanego przez WMO za referencyjne (WMO 2007). Niniejszy atlas zawiera mapy podstawowych statystyk najważniejszych elementów klimatycznych z okresu 1991–2020. W opracowaniu najobszerniej reprezentowana jest temperatura powietrza wraz z jej pochodnymi charakterystykami, które – w dobie globalnego ocieplenia – również na obszarze Polski ulegają najszybszym zmianom.

Znaczącą cechą klimatu Polski – podobnie jak całej części Europy, do której należymy – jest zmienność w wymiarze czasowym, wyrażająca się w różnych skalach. Obserwuje się mianowicie duże wahania średnich wartości elementów meteorologicznych z roku na rok, występuje istotna zmienność w obrębie roku z sezonu na sezon (dla wielu elementów mająca charakter cykliczny), oraz – w mniejszej skali czasowej – zmienność warunków pogodowych z dnia na dzień. Utrudnia to syntezę warunków klimatycznych i sprawia, że wartości średnie nie oddają w pełni cech środowiska atmosferycznego. Dlatego w atlasie przedstawiono oprócz rozkładu wartości średnich, również rozkład wybranych wartości percentylowych oraz warunki w ekstremalnych latach i sezonach, a także wartości skrajne zaobserwowane w trzydziestoleciu 1991–2020.

Atlas skierowany jest do szerokiego grona odbiorców i mamy nadzieję, że będzie przydatny zarówno w dydaktyce klimatologii i geografii (co stanowiło pierwotną i główną motywację opracowania map z najnowszego trzydziestolecia referencyjnego), jak i we wszelkich – nie tylko naukowych – analizach środowiskowych oraz użyteczny dla wszystkich zainteresowanych klimatem Polski.

# Wprowadzenie

*Ewa Bednorz*

Usytuowanie w środkowej Europie sprawia, że klimat Polski jest umiarkowany i ma charakter przejściowy pomiędzy odmianą morską i kontynentalną (Okołowicz 2000). Przejściowość klimatu zaznacza się ostro w podziale klimatycznym Köppena-Geigera przebiegającą na wschodnim skraju Polski izotermą stycznia  $-3^{\circ}\text{C}$ , która stanowi granicę pomiędzy klimatem wilgotnym umiarkowanym ciepłym (C) i chłodnym (D) (Kottek i in. 2006). Dość duża rozciągłość równoleżnikowa Polski (rzędu  $10^{\circ}$  długości geograficznej) powoduje zatem zróżnicowanie warunków klimatycznych na jej wschodnim i zachodnim skraju, widoczne szczególnie wyraźnie zimą, kiedy o pogodzie decyduje głównie cyrkulacja atmosferyczna i przybywające wraz z nią masy powietrza. Jeszcze bardziej znaczące zróżnicowanie przestrzenne elementów klimatycznych związane jest z ukształtowaniem powierzchni, zwłaszcza występowaniem gór i wyżyn na południu Polski, a także sąsiedztwem Morza Bałtyckiego na północy. Niektóre charakterystyki klimatyczne powielają pasowy układ rzeźby powierzchni, a regionalizacje klimatyczne Polski odwzorowują zarówno cechy topograficzne, jak i przejściowy charakter klimatu w naszej części Europy (Woś 2010).

Wspomniane czynniki klimatotwórcze powodują, że na znacznym obszarze Polski zimy są łagodne (z wyjątkiem gór oraz wschodnich rubieży), a lata ciepłe. Średnia temperatura powietrza stycznia wynosi zatem od około  $0,5^{\circ}\text{C}$  na północnym zachodzie do około  $-3^{\circ}\text{C}$  na wschodzie, natomiast średnia temperatura lipca na znacznym obszarze Polski przekracza  $19^{\circ}\text{C}$  i w niewielu rejonach (nad morzem i w górach) spada poniżej  $18^{\circ}\text{C}$ . Cytowane wartości, podobnie jak pozostałe miesięczne, sezonowe i roczne średnie wartości temperatury powietrza z wielolecia 1991–2020, są znacząco wyższe niż we wcześniejszych wieloleciach, zmianom uległa też długość sezonów termicznych – na korzyść ciepłych. Przykładowe statystyki klimatyczne dla wybranych stacji z dwóch kolejnych trzydziestolecia referencyjnych przedstawiono w tabeli 1.

Za sprawą istotnej cechy klimatu Polski, jaką jest jego zmienność, skrajne wartości temperatury odnotowane w minionym trzydziestoleciu na uwzględnionych w opracowaniu stacjach synoptycznych różniły się o ponad  $70^{\circ}\text{C}$  (od  $-32,1$  do  $39,5^{\circ}\text{C}$ ). Również rozstęp wartości percentylowych dla maksymalnej (95 percentyl) i minimalnej (5 percentyl) dobowej temperatury powietrza demonstrowuje dynamikę tego elementu i jego przestrzenne zróżnicowanie w Polsce.

Tabela 1. Przykładowe statystyki klimatyczne dla wybranych stacji z dwóch kolejnych trzydziestoleci referencyjnych

Statystyka klimatyczna		Świnoujście	Suwałki	Poznań	Warszawa	Wrocław	Kraków	
Średnia temperatura [°C]	rok	a	8,2	6,1	8,3	7,8	8,4	7,8
		b	9,2	7,3	9,4	9,0	9,7	8,9
	wiosna	a	6,8	5,7	7,9	7,7	8,2	7,9
		b	8,0	6,9	9,1	8,9	9,4	8,9
	lato	a	16,3	15,9	17,3	17,3	17,1	16,8
		b	17,4	17,2	18,7	18,8	18,9	18,6
	jesień	a	9,4	6,7	8,7	8,3	8,9	8,3
		b	9,8	7,3	9,3	8,8	9,6	8,8
	zima	a	0,1	-4,3	-1,1	-2,1	-0,8	-2,0
		b	1,4	-2,5	0,3	-0,7	0,7	-0,8
	Liczba dni upalnych	a	1,5	1,1	5,6	3,8	5,1	3,8
		b	3,5	4,2	10,6	9,0	11,8	10,0
Liczba dni bardzo mroźnych	a	0,4	6,4	1,7	2,4	1,6	2,1	
	b	0,2	3,8	0,7	1,7	0,6	1,5	
Roczna suma opadów [mm]	a	543,9	593,4	514,4	515,9	587,6	679,2	
	b	584,6	607,0	538,2	549,3	540,6	672,2	
Liczba dni z pokrywą śnieżną	a	50,0	90,0	51,6	60,3	44,5	65,0	
	b	31,0	76,4	36,3	48,4	35,0	55,3	

a – 1961–1990, b – 1991–2020

Jak dokumentują najnowsze badania, których wyniki zamieszczono w publikacji *Climate change in Poland: past, present, future* (Falarz 2021), wieloletni wzrost temperatury powietrza w Polsce, szczególnie dynamiczny w ostatnich trzech dekadach, wyraża się istotnymi zmianami licznych charakterystyk termicznych (w tym np. liczby tzw. dni charakterystycznych), a przede wszystkim wzrostem średniej i maksymalnej temperatury powietrza w skali roku oraz w skrajnych sezonach – latem i zimą (Ustrnul i in. 2021). Uzasadnia to konieczność opracowywania bieżących charakterystyk kluczowego elementu klimatu w kontekście zmian klimatycznych, jakim jest temperatura powietrza – najobszerniej reprezentowanych w niniejszym atlasie. Większość pozostałych elementów i indeksów klimatycznych oraz zjawisk meteorologicznych również charakteryzuje się występowaniem istotnych statystycznie trendów – przynajmniej w pewnych rejonach Polski i w pewnych sezonach roku (Falarz 2021), zatem ich wartości oraz rozkład przestrzenny ich sezonowych lub rocznych charakterystyk w nowym trzydziestoleciu referencyjnym także wyglądają odmiennie.

Wieloletni przebieg niektórych elementów meteorologicznych – na przykład opadów atmosferycznych – zdominowany jest przez silne fluktuacje i – jak w przypadku opadów – występowanie następujących po sobie suchych i mokrych okresów. Istotne trendy pojawiają się tylko w nielicznych regionach Polski, w wybranych okresach roku i dla określonych charakterystyk opadów (Łupikasza i Małarzewski 2021). Istotne więc wydaje się udokumentowanie skrajnych sezonów i lat – bardzo wilgotnych, z rocznymi sumami opadów przekraczającymi w nizinnej części Polski 700 mm, oraz suchych, z sumami rocznymi poniżej 400 mm, jakie wystąpiły w ostatnim trzydziestoleciu. Wyrazem czasowej zmienności opadów są też

skrajnie wysokie sumy dobowe, osiągające ponad 100 mm w licznych stacjach synoptycznych uwzględnionych w opracowaniu. Zmienność przestrzenna tego elementu uwarunkowana jest przede wszystkim ukształtowaniem terenu i cyrkulacją atmosferyczną, czyli wystawieniem na wiatry deszczonośne. W średnim przebiegu rocznym sum opadów atmosferycznych na obszarze całej Polski wyraźnie zaznacza się letnie maksimum, jednak według klasyfikacji klimatycznej Köppena-Geigera (Kottke i in. 2006) przeważająca część Polski należy do strefy klimatów ciepłych umiarkowanych, wilgotnych przez cały rok (Cf).

W dobie dynamicznych zmian klimatycznych nowo utworzone historyczne mapy klimatu mogą stać się nieaktualne już w krótkiej perspektywie czasowej. Projekcje dla Polski zakładają bowiem dynamiczny wzrost temperatury – a więc i zmiany wszystkich charakterystyk termicznych – zarówno w odległym (2071–2100), jak i bliższym (2021–2050) horyzoncie czasowym. Ich tempo uwarunkowane jest przyjętymi w modelach scenariuszami. Z dwóch najczęściej uwzględnianych (RCP4.5 i RCP8.5 – representative concentration pathway) RCP8.5 niesie ryzyko bardziej dramatycznych zmian, które staną się szczególnie widoczne w dalszym (z dwóch uwzględnianych) horyzoncie czasowym (Graczyk i in. 2021, Szwed 2021, Tomczyk i in. 2022). Według modeli klimatycznych prognozowane ocieplenie może spowodować intensyfikację cyklu hydrologicznego. W Polsce większość modelowanych wskaźników opadowych wzrośnie i dotyczy to zarówno średnich rocznych sum opadów, jak i sum ekstremalnych oraz niedoboru wody. Podobnie jak w przypadku temperatury powietrza, przyszłe zmiany opadów atmosferycznych będą bardziej dotkliwe dla wyższego RCP i dalekiego horyzontu czasowego (Pińskwar i Choryński 2021).

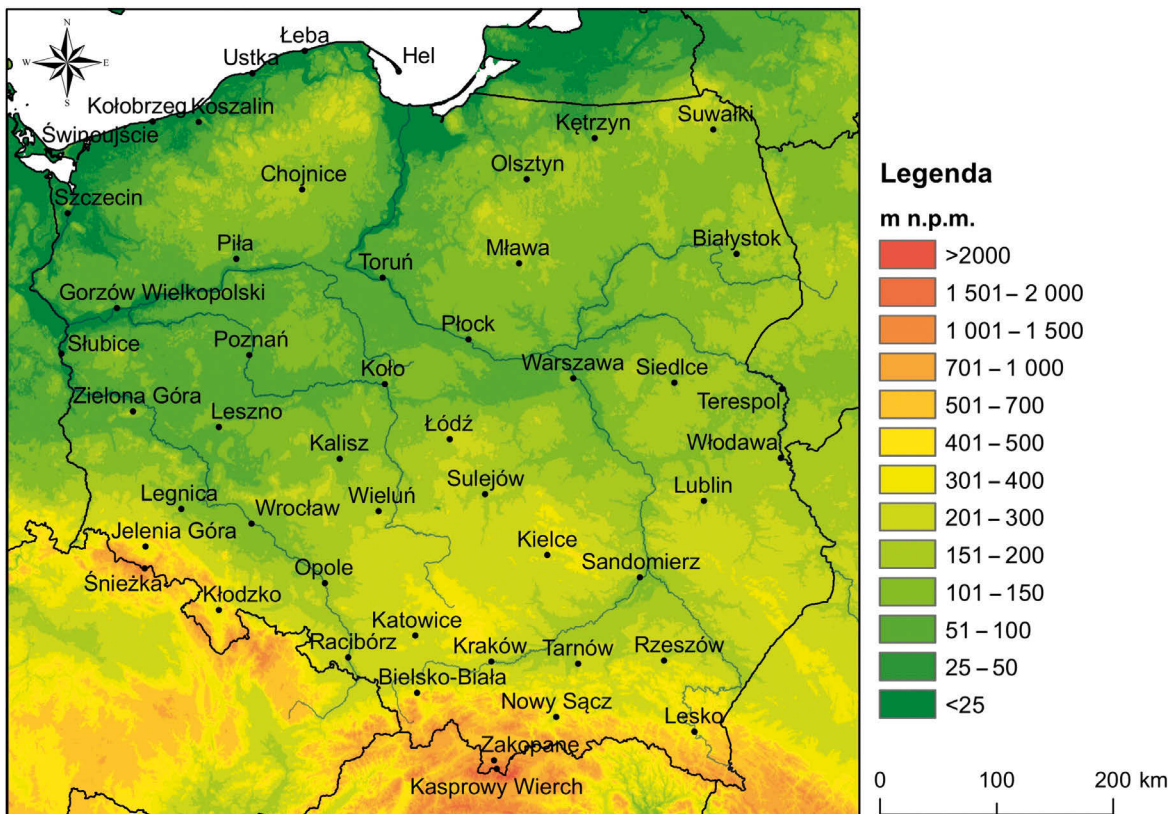


## **Dane i metody badań**

*Arkadiusz M. Tomczyk, Ewa Bednorz,  
Dorota Matuszko, Krzysztof Bartoszek,  
Zuzanna Bielec-Bąkowska, Agnieszka Wypych,  
Joanna Wibig*

Podstawą niniejszego opracowania były dobowe wartości podstawowych elementów meteorologicznych pozyskane dla 49 stacji położonych w Polsce. Dla niektórych parametrów liczba stacji była mniejsza ze względu na dostępność danych w analizowanym okresie. Dane zostały pobrane z baz danych Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej – Państwowego Instytutu Badawczego (<https://danepubliczne.imgw.pl/>) z wielolecia 1991–2020 (w przypadku pokrywy śnieżnej z wielolecia 1990–2020). Z tego samego okresu pochodzą przedstawione w atlasie wartości ekstremalne, których tym samym nie można traktować jako ekstremów absolutnych dla stacji uwzględnionych w opracowaniu. Do analiz wykorzystano następujące dane: średnie dobowe ciśnienie atmosferyczne na poziomie morza, średnia dobowa prędkość wiatru, dobowe usłonecznienie, średnią dobową temperaturę powietrza, maksymalną i minimalną dobową temperaturę powietrza, średnią dobową wilgotność względną powietrza, średnie dobowe ciśnienie pary wodnej, średnie dobowe zachmurzenie, dobową sumę opadów atmosferycznych, dobową grubość pokrywy śnieżnej, a także dane dotyczące występowania burz oraz mgieł. Na podstawie powyższych danych wykonano analizy w ujęciu miesięcznym, sezonowym (wiosna: marzec–maj, lato: czerwiec–sierpień, jesień: wrzesień–listopad, grudzień–luty) oraz rocznym.

Mapy, będące rezultatem końcowym, przygotowano w programie Surfer 13, stosując wbudowaną w programie metodę krigingu do interpolacji wartości ze stacji wyszczególnionych w załączniku 1. Dla tych samych stacji obliczono wartość średnią, którą zamieszczono w lewym dolnym rogu odpowiedniej mapy – nie stanowi ona zatem średniej obszarowej. Pojawiające się na mapach daty zostały zapisane w jednolitym formacie dd-mm-rrrr, lub (przy opisach izolinii) dd-mm.



Rozmieszczenie stacji uwzględnionych w analizie

## Ciśnienie atmosferyczne na poziomie morza

Zaprezentowane w niniejszym opracowaniu przestrzenne zmiany wartości ciśnienia atmosferycznego zredukowanego do poziomu morza w rozpatrywanym wieloleciu określono na podstawie ich dobowych wartości pochodzących z 40 stacji synoptycznych. W analizie uwzględniono stacje charakteryzujące się ciągłością serii pomiarowych oraz trzy stacje, w przypadku których przerwy w danych obejmowały od roku do dwóch lat (załącznik 1). Dla każdej stacji określono zarówno średnie roczne, jak i sezonowe wartości ciśnienia atmosferycznego, zaprezentowano też najwyższą i najniższą dobową wartość ciśnienia wraz z datą jej wystąpienia. Dodatkowo zwrócono uwagę na przestrzenne zróżnicowanie występowania dni z wyjątkowo niskimi i wysokimi wartościami ciśnienia. W tym celu wybrano dni, w których średnia dobową wartość ciśnienia była  $\leq 990$  hPa lub  $\geq 1030$  hPa. Przyjęte kryteria odpowiadają założeniom spotykanym w literaturze klimatologicznej (Schinke 1993, Kożuchowski 1995, Bielec-Bąkowska i Piotrowicz 2011, 2013) oraz spełniają kryteria statystyczne przyjmowane przy określaniu ekstremalnych zdarzeń klimatycznych (Beniston i in. 2007, IPCC 2007). W przypadku wspomnianych wskaźników zaprezentowano ich średnią liczbę roczną oraz rok z największą liczbą dni z rozpatrywanymi wartościami ciśnienia.

## Prędkość wiatru

Wykorzystano prędkości wiatru z trzech terminów obserwacyjnych: 6, 12 i 18 UTC i na ich podstawie policzono najpierw średnie dobowe prędkości wiatru, a następnie 30-letnie średnie sezonowe i roczne. Ponadto przedstawiono uśrednione maksymalne roczne wartości średnich dobowych prędkości wiatru.

## Usłonecznienie

Podstawowymi danymi źródłowymi wykorzystanymi do konstrukcji map były sumy dobowe usłonecznienia rzeczywistego. Materiały heliograficzne uzyskane z IMGW-PIB przeanalizowano szczegółowo pod kątem stosowanego przyrządu, długości ciągu pomiarowego, przerw w rejestracji danych, aktualnego wykonywania pomiarów oraz poprawności danych. Ze wszystkich 168 stacji mierzących kiedykolwiek usłonecznienie w Polsce wydzielono 22 stacje meteorologiczne należące do IMGW-PIB. Uwzględniono stacje, które spełniały kryterium ciągłości serii danych, bez przerw, lub z niewielkimi brakami, które dało się uzupełnić na podstawie danych z sąsiednich stacji. Ponadto starano się, aby rozmieszczenie stacji było jak najbardziej równomierne na obszarze kraju. Na podstawie sum dobowych wyliczono średnie sumy sezonowe i roczne usłonecznienia (w godzinach).

## Temperatura powietrza

W oparciu o pozyskane dane obliczono średnią miesięczną, sezonową oraz roczną temperaturę powietrza w poszczególnych latach, a następnie średnie wartości z całego wielolecia. Podobne analizy wykonano dla maksymalnej i minimalnej dobowej temperatury powietrza. Na podstawie wyliczonych wartości wybrano najcieplejszy i najchłodniejszy sezon oraz rok. Ponadto analizie poddano warunki termiczne w styczniu oraz lipcu.

W kolejnym etapie obliczono roczną amplitudę temperatury powietrza, a więc różnicę między średnią temperaturą powietrza w miesiącu najcieplejszym i najchłodniejszym.

Potem wyliczono wartość 95 percentyla średniej maksymalnej temperatury powietrza w sezonie letnim oraz wartość 5 percentyla średniej minimalnej temperatury powietrza w sezonie zimowym.

Na podstawie maksymalnej dobowej temperatury powietrza wyznaczono w poszczególnych latach dni charakterystyczne, tj. dni bardzo mroźne ( $<-10,0^{\circ}\text{C}$ ), mroźne (od  $-0,1^{\circ}\text{C}$  do  $-10,0^{\circ}\text{C}$ ), gorące (od  $25,1^{\circ}\text{C}$  do  $30,0^{\circ}\text{C}$ ) oraz upalne ( $>30,0^{\circ}\text{C}$ ). Następnie obliczono średnią roczną liczbę tych dni w rozpatrywanym wieloleciu. Ponadto wyznaczono dni z najwyższą maksymalną dobową temperaturą powietrza oraz najniższą minimalną dobową temperaturą powietrza.

Na podstawie średniej miesięcznej temperatury powietrza wyznaczono daty początku i końca termicznych pór roku. W niniejszym opracowaniu przyjęto podział na osiem termicznych pór roku, bazujący na czterech wartościach progowych:  $0^{\circ}\text{C}$ ,  $5^{\circ}\text{C}$ ,  $10^{\circ}\text{C}$ ,  $15^{\circ}\text{C}$ . Podział ten przyjmowano we wcześniejszych opracowaniach, np. w *Atlasie klimatu Polski* (Lorenc 2005).

Tabela 2. Termiczne pory roku wraz z zakresem temperatury powietrza

Pora roku	Zakres temperatury powietrza
przedwiośnie	$0,0^{\circ}\text{C} \leq t < 5,0^{\circ}\text{C}$
wiosna	$5,0^{\circ}\text{C} \leq t < 10,0^{\circ}\text{C}$
przedlecie	$10,0^{\circ}\text{C} \leq t < 15,0^{\circ}\text{C}$
lato	$\geq 15,0^{\circ}\text{C}$
polecie	$10,0^{\circ}\text{C} \leq t < 15,0^{\circ}\text{C}$
jesień	$5,0^{\circ}\text{C} \leq t < 10,0^{\circ}\text{C}$
przedzimie	$0,0^{\circ}\text{C} \leq t < 5,0^{\circ}\text{C}$
zima	$< 0,0^{\circ}\text{C}$

Do wyznaczenia terminów rozpoczęcia i zakończenia termicznych pór roku wykorzystano wzory matematyczne zaproponowane przez Gumińskiego (1948). W metodzie tej przyjmuje się następujące założenia: temperatura średnia miesięczna przypada na 15 dzień miesiąca, każdy miesiąc ma 30 dni i zmiany temperatury z miesiąca na miesiąc zachodzą równomiernie.

Wykorzystane wzory:

a) dla wzrostu temperatury powietrza

$$x = \frac{(tp - t1)}{(t2 - t1)} \times 30$$

b) dla spadku temperatury powietrza

$$x = \frac{(t1 - tp)}{(t1 - t2)} \times 30$$

gdzie:

tp – temperatura proggu;

t1 – temperatura średnia w miesiącu poprzedzającym temperaturę proggu;

t2 – temperatura średnia w miesiącu następującym po temperaturze proggu;

x – liczba dni dzieląca dzień z temperaturą proggu od 15 dnia miesiąca poprzedzającego.

Wyliczoną na podstawie powyższych wzorów liczbę dni dodaje się do 15 dnia miesiąca poprzedzającego temperaturę proggu. Uzyskana data jest początkiem lub końcem wydzielonej pory roku. Następnie w oparciu o wyznaczone daty wyliczono długość poszczególnych pór roku.

W kolejnym etapie określono daty początku i końca wybranych okresów termicznych, tj. okresu gospodarczego, wegetacyjnego, intensywnej wegetacji oraz dojrzewania. Podobnie jak w przypadku termicznych pór roku, zastosowano do tego wzory matematyczne zaproponowane przez Gumińskiego (1948). W tym celu wykorzystano wartości średniej miesięcznej temperatury powietrza. Dla wymienionych okresów przyjęto poniższe definicje:

- okres gospodarczy – okres ze średnią dobową temperaturą powietrza  $> 2,5^{\circ}\text{C}$ ;
- okres wegetacyjny – okres ze średnią dobową temperaturą powietrza  $> 5,0^{\circ}\text{C}$ ;
- okres intensywnej wegetacji – okres ze średnią dobową temperaturą powietrza  $> 10,0^{\circ}\text{C}$ ;
- okres dojrzewania – okres ze średnią dobową temperaturą powietrza  $> 15,0^{\circ}\text{C}$ .



## Wilgotność powietrza

W opracowaniu przyjęto średnie dobowe wartości wilgotności względnej powietrza (%) oraz prężności pary wodnej (hPa) obliczone z 3 terminów pomiarowych (6, 12 i 18 UTC), pochodzące z wszystkich wybranych 49 stacji. Z uwagi na relatywnie mały trend przestrzenny wilgotności powietrza analizę ograniczono do dwóch wymienionych, a zarazem podstawowych charakterystyk zawartości pary wodnej w powietrzu. Przedstawiono ich zróżnicowanie na obszarze Polski w ujęciu rocznym oraz sezonowym.

## Zachmurzenie

Do opracowania wykorzystano średnie dobowe wartości zachmurzenia ogólnego (N), obliczone z 3 terminów obserwacyjnych (6, 12 i 18 UTC), pochodzące z 34 stacji meteorologicznych IMGW-PIB. Wielkość zachmurzenia w skali oktantowej (od 0 do 8) przeliczono na procenty, przyjmując 100% jako niebo całkowicie zachmurzone (8/8). Na podstawie średniego dobowego zachmurzenia dla każdej stacji z osobna, określono zarówno średnie roczne, jak i średnie sezonowe wartości zachmurzenia. Średnie dobowe wartości zachmurzenia posłużyły też do wyznaczenia liczby dni pogodnych ( $N < 20\%$ ) i pochmurnych ( $N > 80\%$ ). Ich średnie wartości z badanego wielolecia przedstawiono na mapach dla roku i czterech sezonów.

## Opady atmosferyczne

Na podstawie dobowych sum opadów (mm) z analizowanego trzydziestolecia przedstawiono dwa parametry charakteryzujące stosunki pluwialne – sumę opadów i liczbę dni z opadem. Obliczono i zobrazowano przestrzenny rozkład średnich sum opadów atmosferycznych dla roku oraz dla wszystkich pór roku. Przedstawiono również przestrzenny rozkład rocznych sum opadów w czterech najbardziej wilgotnych i czterech najbardziej suchych latach oraz w najbardziej wilgotnych i najbardziej suchych sezonach – oddzielnie w kategorii każdej pory roku. Ekstremalne lata i sezony wyłonił na podstawie uszeregowania średnich sum opadów z 49 stacji. Ponadto dla każdej stacji zidentyfikowano maksymalną dobową sumę opadów i zamieszczono na mapie wraz z datą wystąpienia. Średnią liczbę dni z opadem obliczono dla roku i dla pór roku, obrazując na mapach także liczbę dni z opadem  $> 10$  mm, w takich samych przedziałach czasowych.

## Pokrywa śnieżna

Statystyki dotyczące pokrywy śnieżnej obliczono na podstawie 30 sezonów zimowych 1990/1991–2019/2020 i uwzględniono fakt wystąpienia pokrywy śnieżnej oraz jej grubość (cm) w 35 stacjach, dla których dysponowano kompletem danych.

Podstawową charakterystyką śnieżności jest liczba dni z pokrywą śnieżną w sezonie. Przedstawiono zatem przestrzenny rozkład jej średniej wartości na obszarze Polski oraz

przestrzenny rozkład liczby dni z pokrywą śnieżną w czterech najbardziej śnieżnych i czterech najmniej śnieżnych sezonach badanego trzydziestolecia. Ekstremalne zimy wyłoniono na podstawie uszeregowania liczby dni z pokrywą uśrednionej dla 35 stacji. Pokazano też przestrzenną zmienność średnich dat pierwszego i ostatniego wystąpienia pokrywy śnieżnej oraz długości potencjalnego okresu śnieżnego zawartego pomiędzy tymi datami.

Śnieżność zim dobrze charakteryzuje średnia i maksymalna grubość pokrywy śnieżnej w sezonie. Wartości średnie obliczono, uwzględniając tylko dni wystąpienia pokrywy, a średnią maksymalną grubość obliczono na podstawie ekstremalnej wartości w każdym sezonie zimowym. Dla każdej stacji zidentyfikowano ponadto maksymalną grubość pokrywy śnieżnej odnotowaną w czasie badanych 30 sezonów i zamieszczono na mapie wraz z datą wystąpienia.

## Zjawiska atmosferyczne

Wskaźnikiem charakteryzującym występowanie burz i gradów w Polsce był dzień, w którym odnotowano rozpatrywane zjawiska meteorologiczne. Podstawą wydzielenia takich dni były dane dotyczące czasu ich występowania w ciągu doby. W analizie uwzględniono serie charakteryzujące się nieprzerwanym ciągiem danych lub takie, w przypadku których braki obserwacji nie przekraczały trzech lat.

W opracowaniu wykorzystano dane odnoszące się do występowania burz pochodzące z 39 stacji synoptycznych, w tym z pięciu o krótszym okresie obserwacji (załącznik 1). Zaprezentowano średnią roczną liczbę dni z burzą oraz średnią ich liczbę w ciepłej (kwiecień–wrzesień) i chłodnej (październik–marzec) połowie roku. Ponadto, przedstawiono najmniejszą i największą roczną liczbę dni z rozpatrywanym zjawiskiem wraz z rokiem ich wystąpienia.

W przypadku opadu gradu uwzględniono pełne serie danych z 36 stacji synoptycznych oraz dodatkowo skrócone serie pochodzące z trzech stacji (załącznik 1). Ze względu na możliwość zaliczenia w bazie danych innych opadów lodowych do grupy opadu gradu, w analizie wzięto pod uwagę jedynie dane obejmujące okres od kwietnia do września. W opracowaniu zaprezentowano przestrzenną zmienność średniej liczby dni z gradem występujących w podanym okresie, a także największą ich liczbę wraz z rokiem ich wystąpienia.

W opracowaniu wykorzystano dane obserwacyjne dotyczące występowania mgły (widzialność pozioma mniejsza od 1000 m), pochodzące z 37 stacji synoptycznych (załącznik 1). Uwzględniono jedynie te posterunki, dla których seria danych, obejmujących analizowane 30-lecie, była kompletna lub zdiagnozowane braki danych nie przekroczyły 10%. Obliczono i zobrazowano zróżnicowanie przestrzenne rocznej liczby dni z występowaniem zjawiska, przy czym za dzień z mgłą uznano każdy, w którym zaobserwowano je w przynajmniej jednym terminie pomiarowym.

# Spis map

## **Ciśnienie atmosferyczne na poziomie morza** (*Zuzanna Bielec-Bąkowska*)

Średnie roczne ciśnienie atmosferyczne na poziomie morza .....	27
Średnie ciśnienie atmosferyczne na poziomie morza wiosną .....	28
Średnie ciśnienie atmosferyczne na poziomie morza latem .....	28
Średnie ciśnienie atmosferyczne na poziomie morza jesienią .....	29
Średnie ciśnienie atmosferyczne na poziomie morza zimą .....	29
Maksymalne średnie dobowe ciśnienie atmosferyczne na poziomie morza z datą wystąpienia .....	30
Minimalne średnie dobowe ciśnienie atmosferyczne na poziomie morza z datą wystąpienia .....	30
Średnia roczna liczba dni z ciśnieniem atmosferycznym na poziomie morza $\geq 1030$ hPa .....	31
Średnia roczna liczba dni z ciśnieniem atmosferycznym na poziomie morza $\leq 990$ hPa .....	31
Maksymalna liczba dni z ciśnieniem atmosferycznym na poziomie morza $\geq 1030$ hPa z rokiem wystąpienia .....	32
Maksymalna liczba dni z ciśnieniem atmosferycznym na poziomie morza $\leq 990$ hPa z rokiem wystąpienia .....	32

## **Prędkość wiatru** (*Joanna Wibig*)

Średnia roczna prędkość wiatru .....	33
Średnia prędkość wiatru wiosną .....	34
Średnia prędkość wiatru latem .....	34
Średnia prędkość wiatru jesienią .....	35
Średnia prędkość wiatru zimą .....	35
Średnia maksymalna roczna prędkość wiatru .....	36

## **Usłonecznienie** (*Dorota Matuszko, Krzysztof Bartoszek*)

Średnia roczna suma usłonecznienia .....	37
Średnia suma usłonecznienia wiosną .....	38
Średnia suma usłonecznienia latem .....	38
Średnia suma usłonecznienia jesienią .....	39
Średnia suma usłonecznienia zimą .....	39

## **Temperatura powietrza** (*Arkadiusz M. Tomczyk*)

Średnia roczna temperatura powietrza .....	40
Średnia roczna temperatura powietrza w najcieplejszym roku (2019) .....	41
Średnia roczna temperatura powietrza w najchłodniejszym roku (1996) .....	41
Średnia temperatura powietrza w styczniu .....	42
Średnia temperatura powietrza w lipcu .....	42
Średnia temperatura powietrza wiosną .....	43
Średnia temperatura powietrza najcieplejszej wiosny (2007) .....	44
Średnia temperatura powietrza najchłodniejszej wiosny (1996) .....	44
Średnia temperatura powietrza latem .....	45
Średnia temperatura powietrza najcieplejszego lata (2019) .....	46
Średnia temperatura powietrza najchłodniejszego lata (1993) .....	46
Średnia temperatura powietrza jesienią .....	47
Średnia temperatura powietrza najcieplejszej jesieni (2006) .....	48
Średnia temperatura powietrza najchłodniejszej jesieni (1993) .....	48
Średnia temperatura powietrza zimą .....	49

Średnia temperatura powietrza najcieplejszej zimy (2019/2020) .....	50
Średnia temperatura powietrza najchłodniejszej zimy (1995/1996) .....	50
Średnia roczna maksymalna temperatura powietrza .....	51
Średnia maksymalna temperatura powietrza wiosną .....	52
Średnia maksymalna temperatura powietrza latem .....	52
Średnia maksymalna temperatura powietrza jesienią .....	53
Średnia maksymalna temperatura powietrza zimą .....	53
Średnia roczna minimalna temperatura powietrza .....	54
Średnia minimalna temperatura powietrza wiosną .....	55
Średnia minimalna temperatura powietrza latem .....	55
Średnia minimalna temperatura powietrza jesienią .....	56
Średnia minimalna temperatura powietrza zimą .....	56
Maksymalna temperatura powietrza latem (T <sub>max</sub> 95 percentyl) .....	57
Minimalna temperatura powietrza zimą (T <sub>min</sub> 5 percentyl) .....	57
Najwyższa maksymalna temperatura powietrza z datą wystąpienia .....	58
Najniższa minimalna temperatura powietrza z datą wystąpienia .....	58
Amplituda roczna temperatury powietrza .....	59
Średnia roczna liczba dni upalnych (T <sub>max</sub> od 30,1°C) .....	60
Średnia roczna liczba dni gorących (T <sub>max</sub> od 25,1°C do 30,0°C) .....	60
Średnia roczna liczba dni mroźnych (T <sub>max</sub> od -0,1°C do -10,0°C) .....	61
Średnia roczna liczba dni bardzo mroźnych (T <sub>max</sub> do -10,1°C) .....	61

#### **Termiczne pory roku** (*Arkadiusz M. Tomczyk*)

Średnia data początku przedwiośnia .....	62
Średni czas trwania przedwiośnia .....	62
Średnia data początku wiosny .....	63
Średni czas trwania wiosny .....	63
Średnia data początku przedlecia .....	64
Średni czas trwania przedlecia .....	64
Średnia data początku lata .....	65
Średni czas trwania lata .....	65
Średnia data początku polednia .....	66
Średni czas trwania polednia .....	66
Średnia data początku jesieni .....	67
Średni czas trwania jesieni .....	67
Średnia data początku przedzimia .....	68
Średni czas trwania przedzimia .....	68
Średnia data początku zimy .....	69
Średni czas trwania zimy .....	69

#### **Okresy termiczne** (*Arkadiusz M. Tomczyk*)

Średnia data początku okresu gospodarczego .....	70
Średnia data końca okresu gospodarczego .....	70
Średni czas trwania okresu gospodarczego .....	71
Średnia data początku okresu wegetacyjnego .....	72
Średnia data końca okresu wegetacyjnego .....	72
Średni czas trwania okresu wegetacyjnego .....	73
Średnia data początku okresu intensywnej wegetacji .....	74
Średnia data końca okresu intensywnej wegetacji .....	74
Średni czas trwania okresu intensywnej wegetacji .....	75
Średnia data początku okresu dojrzewania .....	76

Średnia data końca okresu dojrzewania .....	76
Średni czas trwania okresu dojrzewania .....	77
<b>Wilgotność powietrza</b> ( <i>Agnieszka Wypych</i> )	
Średnia roczna wilgotność względna powietrza .....	78
Średnia wilgotność względna powietrza wiosną .....	79
Średnia wilgotność względna powietrza latem .....	79
Średnia wilgotność względna powietrza jesienią .....	80
Średnia wilgotność względna powietrza zimą .....	80
Średnie roczne ciśnienie pary wodnej .....	81
Średnie ciśnienie pary wodnej wiosną .....	82
Średnie ciśnienie pary wodnej latem .....	82
Średnie ciśnienie pary wodnej jesienią .....	83
Średnie ciśnienie pary wodnej zimą .....	83
<b>Zachmurzenie</b> ( <i>Dorota Matuszko, Krzysztof Bartoszek</i> )	
Średnie roczne zachmurzenie .....	84
Średnie zachmurzenie wiosną .....	85
Średnie zachmurzenie latem .....	85
Średnie zachmurzenie jesienią .....	86
Średnie zachmurzenie zimą .....	86
Średnia roczna liczba dni pogodnych .....	87
Średnia liczba dni pogodnych wiosną .....	88
Średnia liczba dni pogodnych latem .....	88
Średnia liczba dni pogodnych jesienią .....	89
Średnia liczba dni pogodnych zimą .....	89
Średnia roczna liczba dni pochmurnych .....	90
Średnia liczba dni pochmurnych wiosną .....	91
Średnia liczba dni pochmurnych latem .....	91
Średnia liczba dni pochmurnych jesienią .....	92
Średnia liczba dni pochmurnych zimą .....	92
<b>Opady atmosferyczne</b> ( <i>Ewa Bednorz</i> )	
Średnia roczna suma opadów .....	93
Roczna suma opadów w wilgotnym roku 2010 .....	94
Roczna suma opadów w wilgotnym roku 2001 .....	94
Roczna suma opadów w wilgotnym roku 2017 .....	95
Roczna suma opadów w wilgotnym roku 1998 .....	95
Roczna suma opadów w suchym roku 2015 .....	96
Roczna suma opadów w suchym roku 2003 .....	96
Roczna suma opadów w suchym roku 2018 .....	97
Roczna suma opadów w suchym roku 1992 .....	97
Średnia suma opadów wiosną .....	98
Średnia suma opadów latem .....	98
Suma opadów dla najbardziej wilgotnej wiosny (2010) .....	99
Suma opadów dla najbardziej suchej wiosny (1993) .....	99
Suma opadów dla najbardziej wilgotnego lata (2010) .....	100
Suma opadów dla najbardziej suchego lata (2015) .....	100
Średnia suma opadów jesienią .....	101
Średnia suma opadów zimą .....	101
Suma opadów dla najbardziej wilgotnej jesieni (2017) .....	102
Suma opadów dla najbardziej suchej jesieni (2011) .....	102

Suma opadów dla najbardziej wilgotnej zimy (2016/2007) .....	103
Suma opadów dla najbardziej suchej zimy (1996/1997) .....	103
Maksymalna dobową sumą opadów z datą wystąpienia .....	104
Średnia roczna liczba dni z opadem .....	105
Średnia liczba dni z opadem wiosną .....	106
Średnia liczba dni z opadem latem .....	106
Średnia liczba dni z opadem jesienią .....	107
Średnia liczba dni z opadem zimą .....	107
Średnia roczna liczba dni z opadem >10 mm .....	108
Średnia liczba dni z opadem >10 mm wiosną .....	109
Średnia liczba dni z opadem >10 mm latem .....	109
Średnia liczba dni z opadem >10 mm jesienią .....	110
Średnia liczba dni z opadem >10 mm zimą .....	110
<b>Pokrywa śnieżna (Ewa Bednorz)</b>	
Średnia sezonowa liczba dni z pokrywą śnieżną .....	111
Średnia data pierwszego wystąpienia pokrywy śnieżnej w sezonie zimowym .....	112
Średnia data ostatniego wystąpienia pokrywy śnieżnej w sezonie zimowym .....	112
Średnia potencjalna długość sezonu śnieżnego .....	113
Liczba dni z pokrywą śnieżną w długim sezonie śnieżnym 1995/1996 .....	114
Liczba dni z pokrywą śnieżną w długim sezonie śnieżnym 2005/2006 .....	114
Liczba dni z pokrywą śnieżną w długim sezonie śnieżnym 2012/2013 .....	115
Liczba dni z pokrywą śnieżną w długim sezonie śnieżnym 2009/2010 .....	115
Liczba dni z pokrywą śnieżną w krótkim sezonie śnieżnym 2019/2020 .....	116
Liczba dni z pokrywą śnieżną w krótkim sezonie śnieżnym 2015/2016 .....	116
Liczba dni z pokrywą śnieżną w krótkim sezonie śnieżnym 2013/2014 .....	117
Liczba dni z pokrywą śnieżną w krótkim sezonie śnieżnym 2006/2007 .....	117
Średnia grubość pokrywy śnieżnej .....	118
Średnia maksymalna sezonowa grubość pokrywy śnieżnej .....	118
Maksymalna grubość pokrywy śnieżnej (cm) z datą wystąpienia .....	119
<b>Zjawiska atmosferyczne (Zuzanna Bielec-Bąkowska, Agnieszka Wypych)</b>	
Średnia roczna liczba dni z burzą (Zuzanna Bielec-Bąkowska) .....	120
Średnia liczba dni z burzą w ciepłej połowie roku (kwiecień–wrzesień) (Zuzanna Bielec-Bąkowska) .....	121
Średnia liczba dni z burzą w chłodnej połowie roku (październik–marzec) (Zuzanna Bielec-Bąkowska) .....	121
Maksymalna roczna liczba dni z burzą z rokiem wystąpienia (Zuzanna Bielec-Bąkowska) .....	122
Minimalna roczna liczba dni z burzą z rokiem wystąpienia (Zuzanna Bielec-Bąkowska) .....	122
Średnia liczba dni z gradem w okresie od kwietnia do września (Zuzanna Bielec-Bąkowska) .....	123
Maksymalna liczba dni z gradem w okresie od kwietnia do września z rokiem wystąpienia (Zuzanna Bielec-Bąkowska) .....	124
Średnia roczna liczba dni z mgłą (Agnieszka Wypych) .....	124



## Literatura

- Beniston M., Stephenson D.B., Christensen O.B., Ferro C.A.T., Frei C., Goyette S., Halsnaes K., Holt T., Jylhä K., Koffi B., Palutikof J., Schöll R., Semmler T., Woth K., 2007. Future extreme events in European climate: an exploration of regional climate model projections. *Climatic Change* 81, 71–95.
- Bielec-Bąkowska Z., Piotrowicz K., 2011. Weather types accompanying very high pressure in Krakow in the period 1901–2000. *International Journal of Climatology* 31, 2183–2193.
- Bielec-Bąkowska Z., Piotrowicz K., 2013. Long-term occurrence, variability and tracks of deep cyclones over Krakow (central Europe) during the period 1900–2010. *International Journal of Climatology* 33, 677–689.
- Cebulak E., Farat R., Kaczorowska R., Niedźwiedź T., Plenzler W., 1987. Opady atmosferyczne. Maksymalne sumy opadów ulewnych. W: *Atlas hydrologiczny*. Wydawnictwo Geologiczne, Warszawa.
- Falarz M. (red.), 2021. *Climate change in Poland: past, present, future*. Springer Nature.
- Graczyk D., Pińskwar I., Choryński A., 2021. Projected changes in thermal indices related to the agriculture and energy sectors. W: M. Falarz (red.), *Climate change in Poland: past, present, future*. Springer Nature, s. 545–560.
- Gumiński R., 1948. *Próba wydzielenia dzielnic rolniczo-klimatycznych w Polsce*. Przegląd Meteorologiczno-Hydrologiczny, Warszawa.
- IPCC, 2007. *Climate change: The physical science basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel in Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Kottek M., Grieser J., Beck C., Rudolf B., Rubel F., 2006. World map of the Köppen-Geiger climate classification updated. *Meteorologische Zeitschrift* 15, 3, 259–263.
- Kożuchowski K., 1995. Głębokie cyklony, antycyklony i cyrkulacja strefowa nad Europą (1900–1990). *Przegląd Geofizyczny* 40, 3, 231–246.
- Licznar P., Siekanowicz-Grochowina K., Stach A., Zaleski J., 2020. Atlasy opadowe. W: P. Licznar, J. Zaleski (red.), *Metodyka opracowania Polskiego Atlasu Natężeń Deszczów (PANDA)*. Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej – Państwowy Instytut Badawczy, Warszawa, s. 99–137.
- Lorenc H. (red.), 2005. *Atlas klimatu Polski*. Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej, Warszawa.
- Łupikasza E., Małarzewski Ł., 2021. Precipitation change. W: M. Falarz (red.), *Climate change in Poland: past, present, future*. Springer Nature, 349–374.
- Najgrakowski M. (red.), 1997. Atlas Rzeczypospolitej Polskiej, część II Środowisko naturalne, 31.1-31.8 Klimat. Instytut Geografii i Przestrzennego Zagospodarowania PAN, Warszawa.

- Okołowicz W., 2000. Strefy klimatyczne [świata]. W: *Atlas geograficzny*. (Wyd. XXXII), PPWK, Warszawa.
- Pińskwar I., Choryński A., 2021. Projections of Precipitation Changes in Poland. W: M. Falarz (red.), *Climate change in Poland: past, present, future*. Springer Nature, s. 529–544.
- Schinke H., 1993. On the occurrence of deep cyclones over Europe and the North Atlantic in the period 1930–1991. *Contributions to Atmospheric Physics* 66, 223–237.
- Szwed M., 2021. Projections of temperature changes in Poland. W: M. Falarz (red.), *Climate change in Poland: past, present, future*. Springer Nature, 513–528.
- Tomczyk A.M., Piniewski M., Mohammad Reza E., Bednorz E., 2022. Projections of changes in maximum air temperature and hot days in Poland. *International Journal of Climatology* 42, 5242–5254.
- Ustrnul Z., Czekierda D., 2009. *Atlas ekstremalnych zjawisk meteorologicznych oraz sytuacji synoptycznych w Polsce*. Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej, Warszawa.
- Ustrnul Z., Wypych A., Czekierda D., 2021. Air temperature change. W: M. Falarz (red.), *Climate change in Poland: past, present, future*. Springer Nature, s. 275–330.
- Ustrnul Z., Wypych A., Henek E., Czekierda D., Walawender J., Kubacka D., Pyrc R., Czernecki B., 2014. *Atlas zagrożeń meteorologicznych Polski*. Wydawnictwo Attyka, Kraków.
- Wiszniewski W., 1953. *Atlas opadów atmosferycznych w Polsce 1891–1930*. Wydawnictwa Komunikacyjne, Warszawa.
- World Meteorological Organization, 2007. *The Role of Climatological Normals in a Changing Climate*. WCDMP-No. 61, WMO-TD/No. 1377, World Meteorological Organization.
- Woś A., 2010. *Klimat Polski w drugiej połowie XX wieku*. Wydawnictwo Naukowe UAM, Poznań.

## Załącznik 1

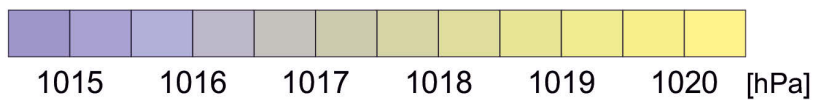
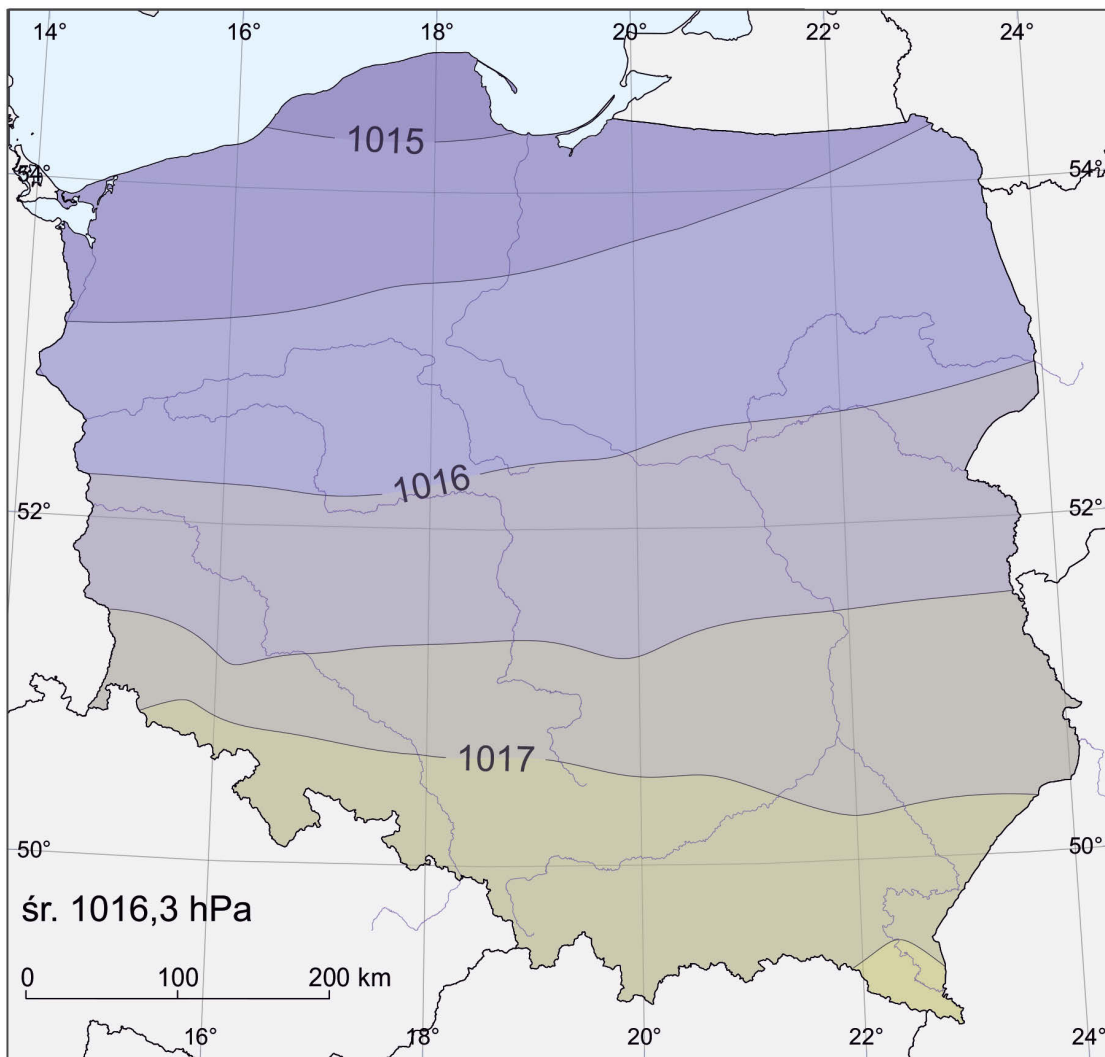
Stacja	Wysokość stacji m n.p.m.	φ N	λ E	Ciśnienie atmosferyczne	Prędkość wiatru	Usłonecznienie	Temperatura powietrza	Wilgotność względna na powietrzu	Ciśnienie pary wodnej	Zachmurzenie	Opady atmosferyczne	Pokrywa śnieżna	Burza	Grad	Mgła
Białystok	148	53°06'	23°10'	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Bielsko-Biała	398	49°48'	19°00'	+	+	-	+	+	+	+	+	-	+	+	+
Chojnice	164	53°43'	17°33'	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Gorzów Wielkopolski	72	52°45'	15°17'	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Hel	1	54°36'	18°49'	+	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Jelenia Góra	342	50°54'	15°48'	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Kalisz	138	51°47'	18°05'	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Kasprowy Wierch	1991	49°14'	19°59'	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Katowice	284	50°14'	19°02'	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Kętrzyn	108	54°04'	21°22'	-	+	-	+	+	+	-	+	-	+ <sup>4</sup>	-	-
Kielce	260	50°49'	20°42'	+	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Kłodzko	356	50°26'	16°37'	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Koło	116	52°12'	18°40'	+	+	-	+	+	+	-	+	-	-	-	-
Kołobrzeg	3	54°11'	15°35'	-	+	+	+	+	+	-	+	+	-	-	-
Koszalin	33	54°12'	16°09'	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Kraków	237	50°05'	19°48'	+	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Legnica	122	51°12'	16°12'	+	+	-	+	+	+	-	+	+	-	-	-
Lesko	420	49°28'	22°21'	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Leszno	91	51°50'	16°32'	+	+	-	+	+	+	-	+	-	-	-	-
Lublin	238	51°13'	22°24'	+	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Łeba	2	54°45'	17°32'	+	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Łódź	187	51°44'	19°24'	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Mława	147	53°06'	20°21'	+	+	-	+	+	+	+	+	-	+	+	+
Nowy Sącz	292	49°37'	20°42'	+ <sup>1</sup>	+	-	+	+	+	-	+	-	-	-	-
Olsztyn	133	53°46'	20°25'	+	+	-	+	+	+	-	+	-	+ <sup>4</sup>	+ <sup>4</sup>	+
Opole	165	50°38'	17°58'	+ <sup>2</sup>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Piła	72	53°08'	16°45'	-	+	-	+	+	+	-	+	-	-	-	-
Płock	106	52°35'	19°44'	+	+	-	+	+	+	-	+	-	-	-	-
Poznań	83	52°25'	16°51'	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Racibórz	205	50°03'	18°12'	+	+	-	+	+	+	-	+	-	+ <sup>4</sup>	+ <sup>4</sup>	+
Rzeszów	200	50°06'	22°03'	+	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Sandomierz	217	50°42'	21°43'	+ <sup>3</sup>	+	-	+	+	+	-	+	-	-	-	-
Siedlce	152	52°11'	22°15'	+	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Słubice	21	52°21'	14°36'	-	+	-	+	+	+	-	+	+	+ <sup>4</sup>	-	-
Sulejów	188	51°21'	19°52'	+	+	-	+	+	+	-	+	-	-	-	+
Suwałki	184	54°08'	22°57'	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Szczecin	1	53°24'	14°37'	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Śnieżka	1603	50°44'	15°44'	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Świnoujście	6	53°55'	14°14'	+	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Tarnów	209	50°02'	20°59'	-	+	-	+	+	+	-	+	-	-	-	-
Terespol	133	52°04'	23°37'	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Toruń	69	53°03'	18°35'	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Ustka	6	54°35'	16°52'	-	+	-	+	+	+	+	+	+	+	-	-
Warszawa	106	52°10'	20°58'	+	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Wieluń	200	51°13'	18°34'	+	+	-	+	+	+	-	+	-	+ <sup>4</sup>	+ <sup>4</sup>	+
Włodawa	177	51°33'	23°32'	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Wrocław	120	51°06'	16°53'	+	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Zakopane	852	49°18'	19°58'	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Zielona Góra	192	51°56'	15°32'	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+

+ – dostępne dane, – – brak danych, +<sup>1</sup> – brak danych dla roku 1995, +<sup>2</sup> – brak danych z lat 1992–1993, +<sup>3</sup> – brak danych z lat 2019–2020, +<sup>4</sup> – brak danych z lat 2015–2017

## Mapy

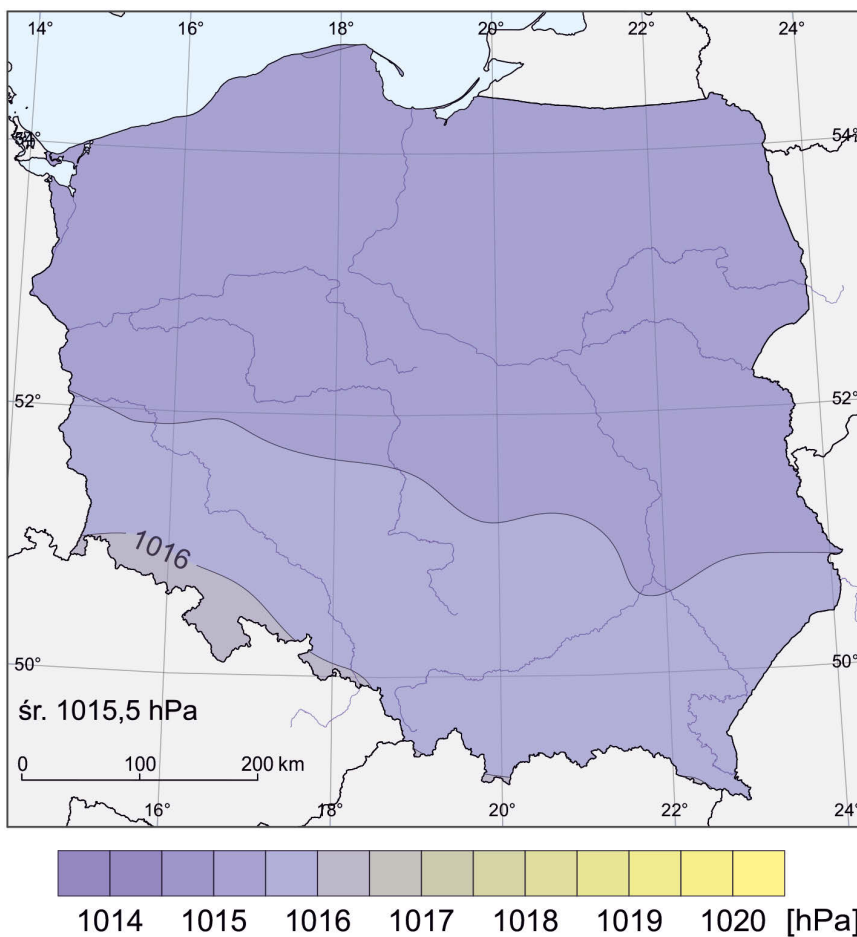


# Średnie roczne ciśnienie atmosferyczne na poziomie morza

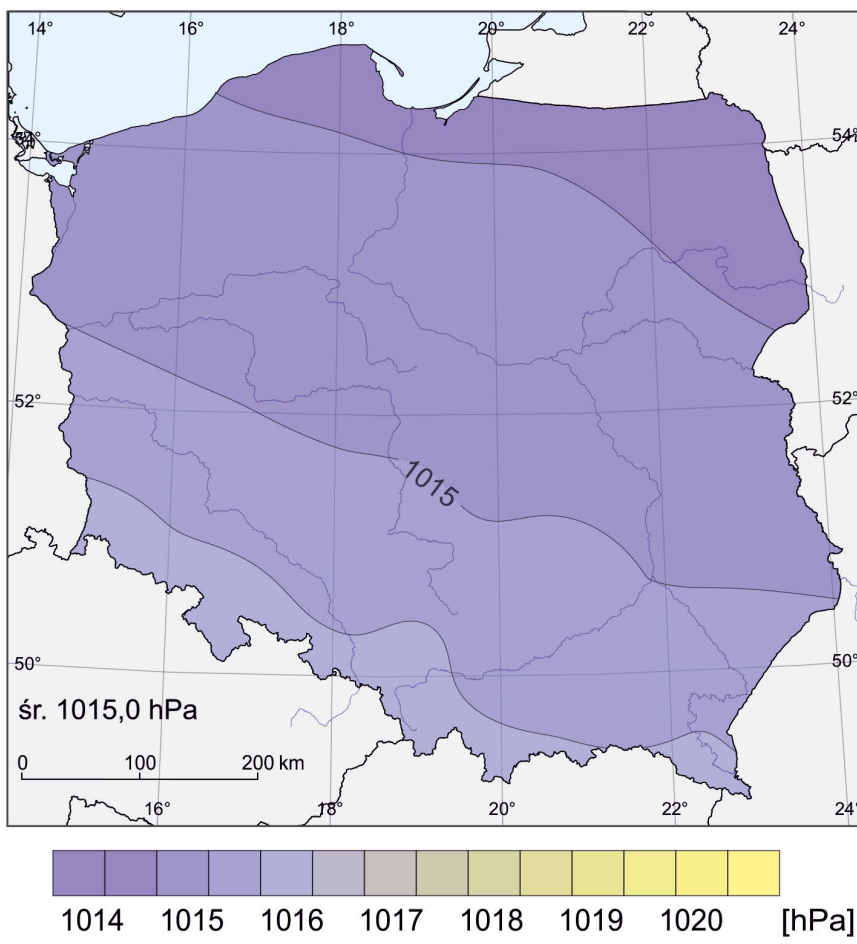




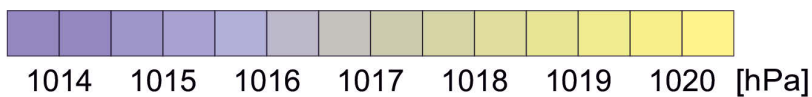
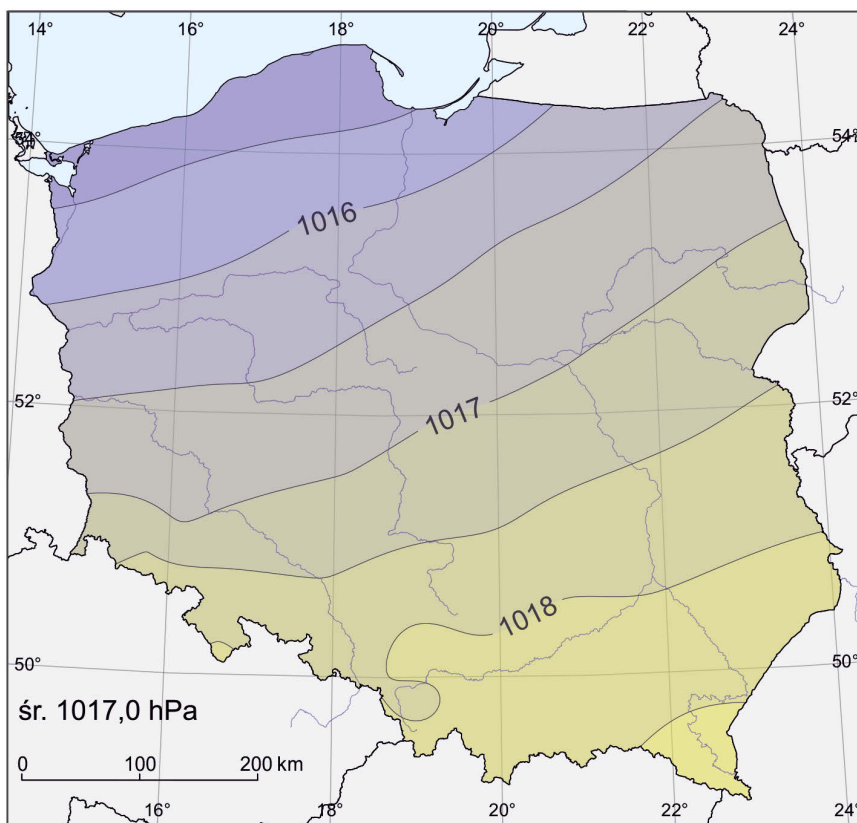
### Średnie ciśnienie atmosferyczne na poziomie morza wiosną



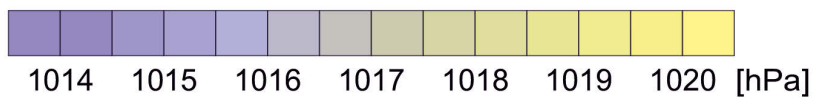
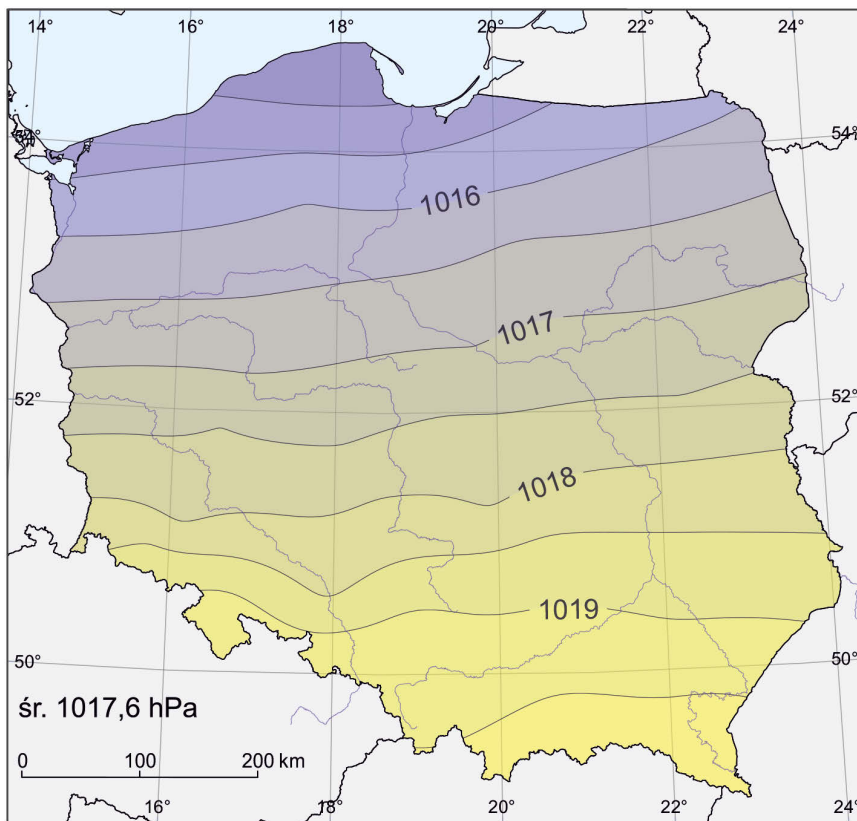
### Średnie ciśnienie atmosferyczne na poziomie morza latem



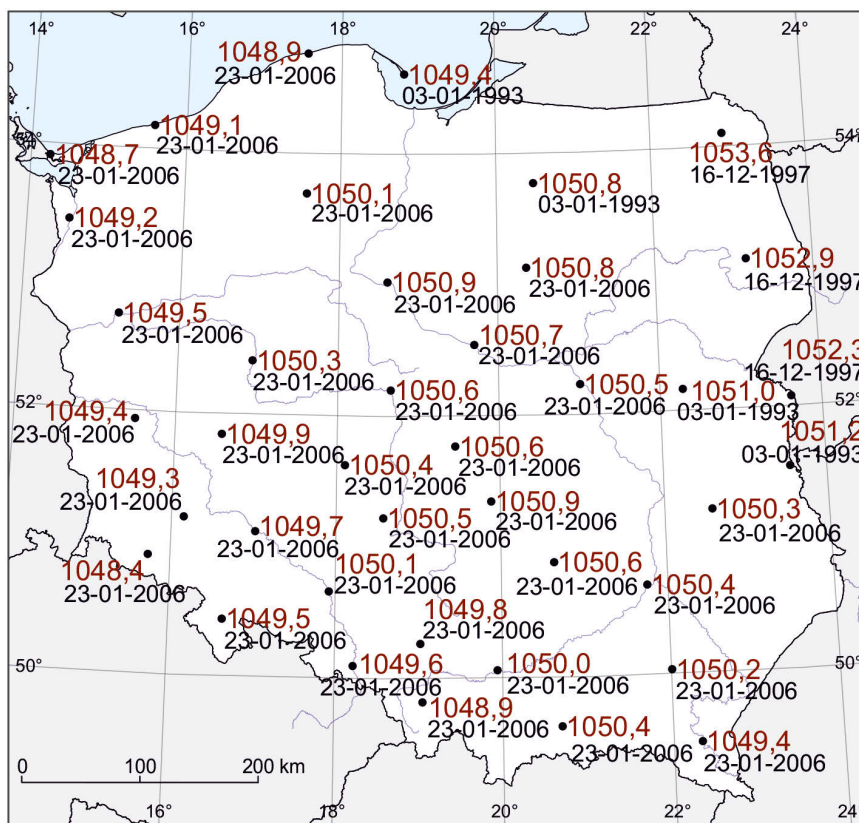
### Średnie ciśnienie atmosferyczne na poziomie morza jesienią



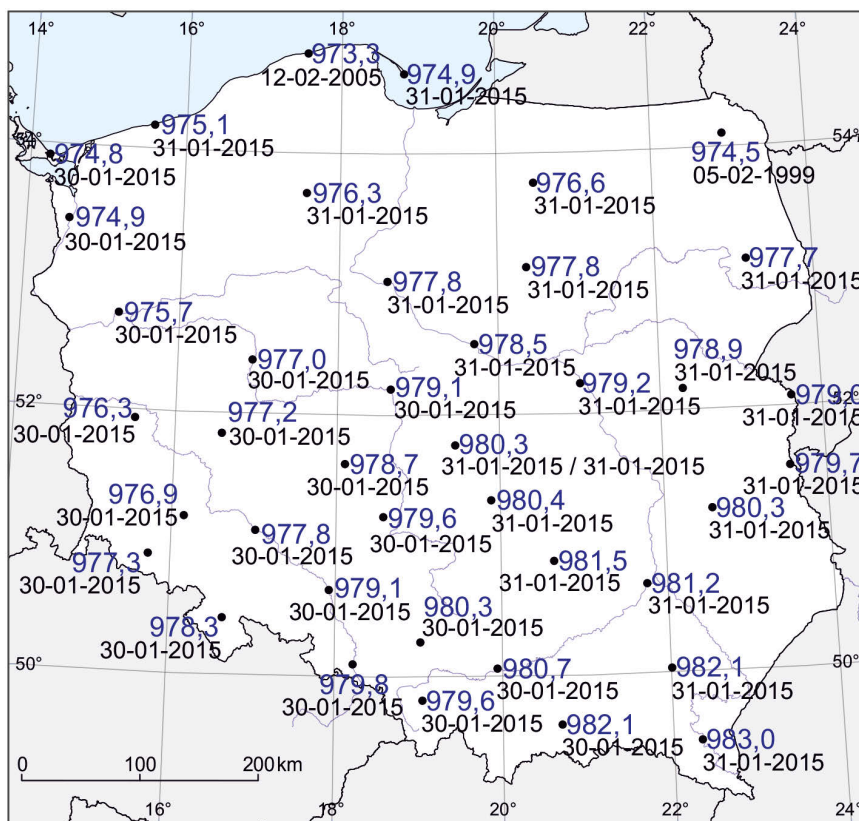
### Średnie ciśnienie atmosferyczne na poziomie morza zimą



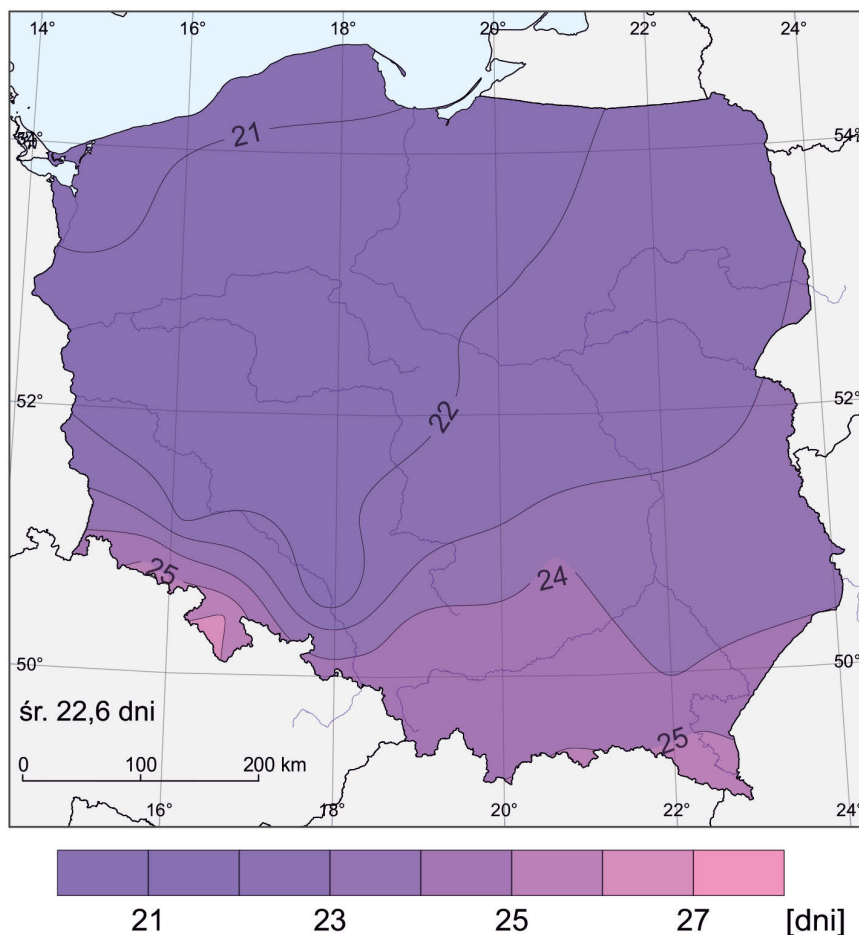
## Maksymalne średnie dobowe ciśnienie atmosferyczne na poziomie morza z datą wystąpienia



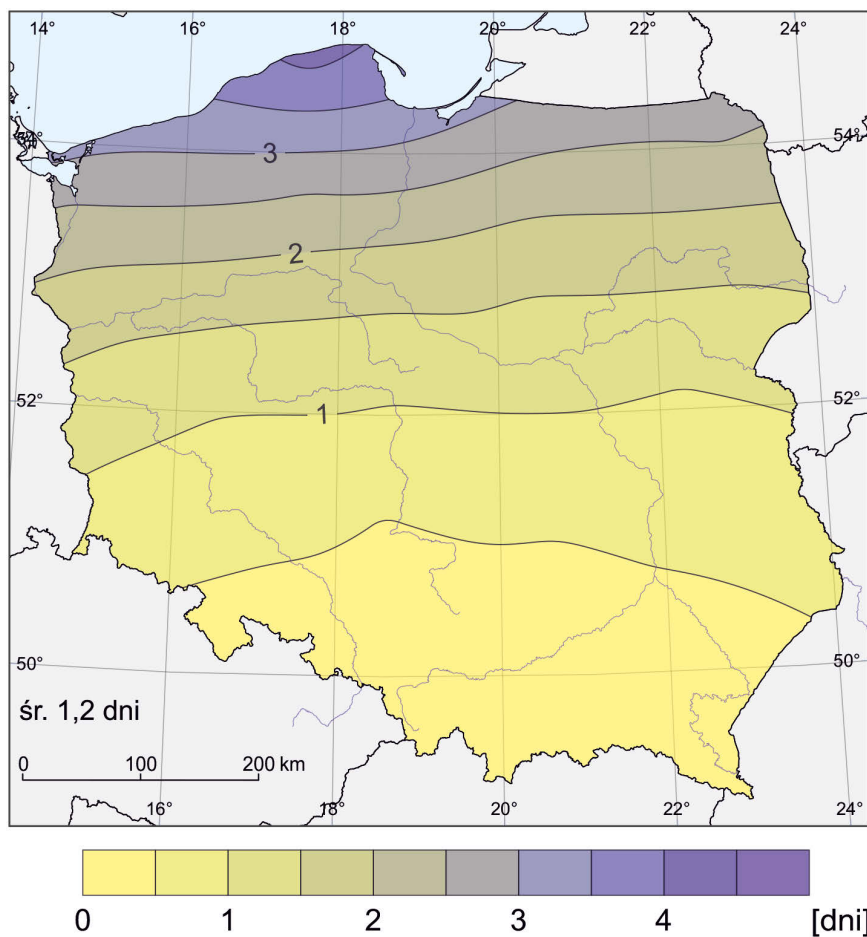
## Minimalne średnie dobowe ciśnienie atmosferyczne na poziomie morza z datą wystąpienia



### Średnia roczna liczba dni z ciśnieniem atmosferycznym na poziomie morza $\geq 1030$ hPa

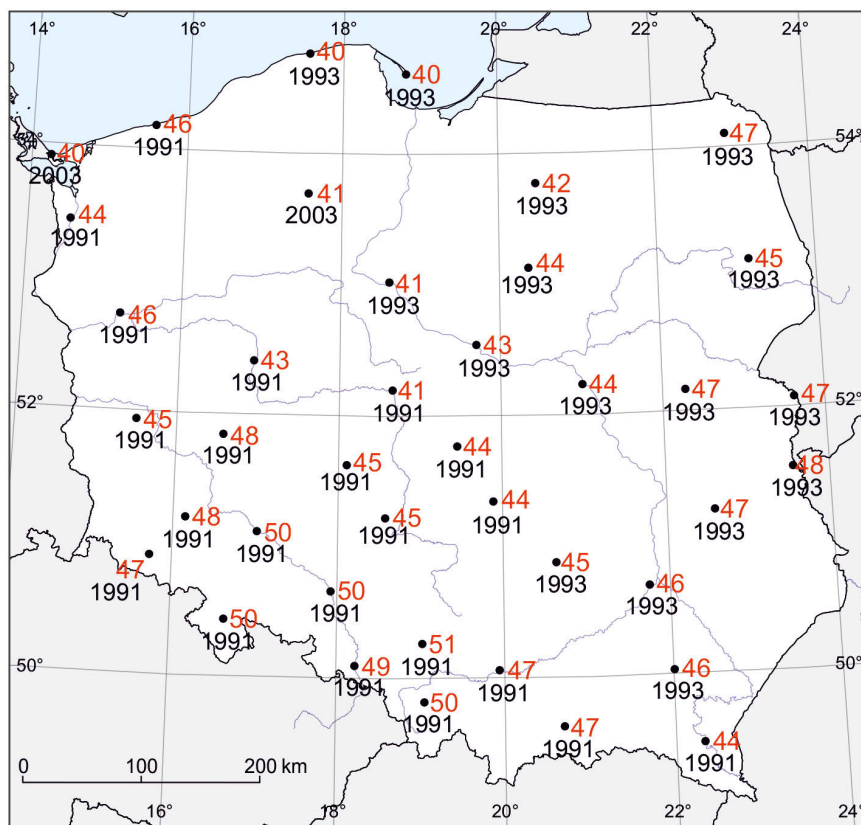


### Średnia roczna liczba dni z ciśnieniem atmosferycznym na poziomie morza $\leq 990$ hPa

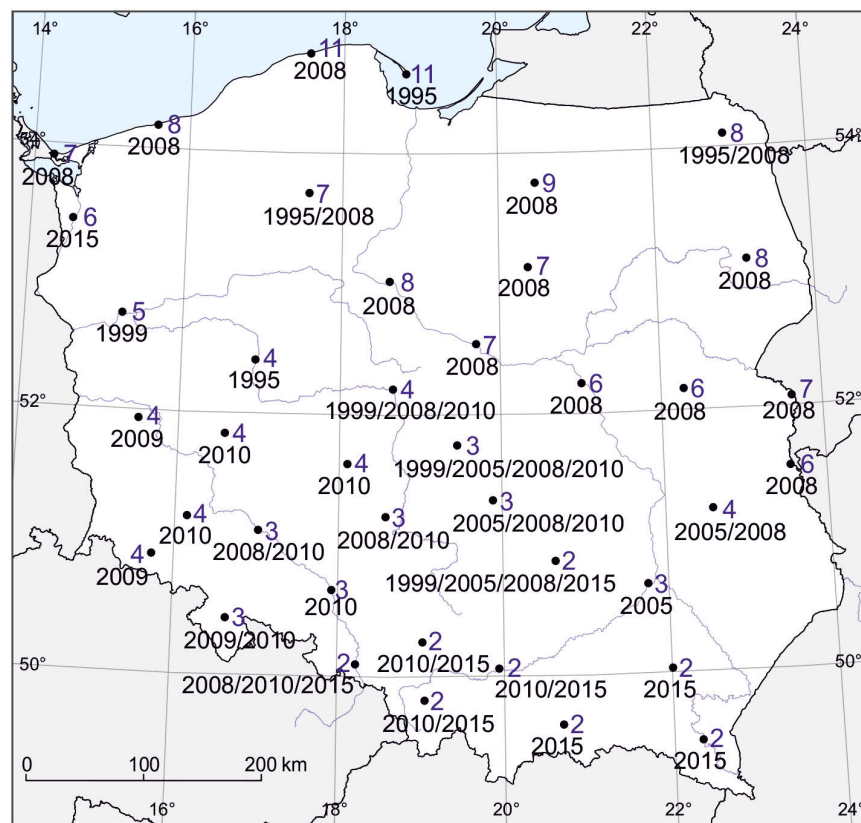




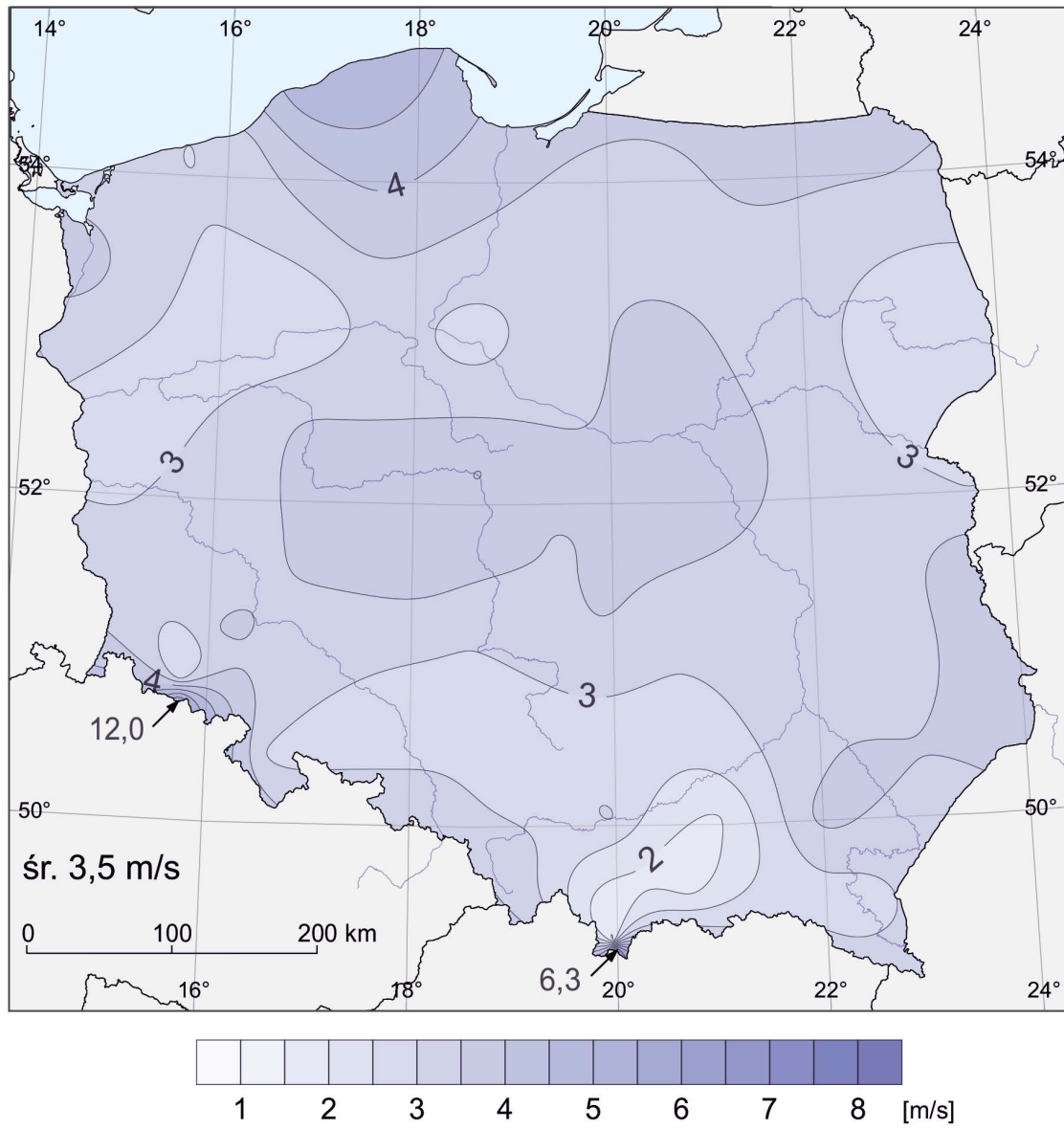
Maksymalna liczba dni z ciśnieniem atmosferycznym na poziomie morza  $\geq 1030$  hPa z rokiem wystąpienia



Maksymalna liczba dni z ciśnieniem atmosferycznym na poziomie morza  $\leq 990$  hPa z rokiem wystąpienia

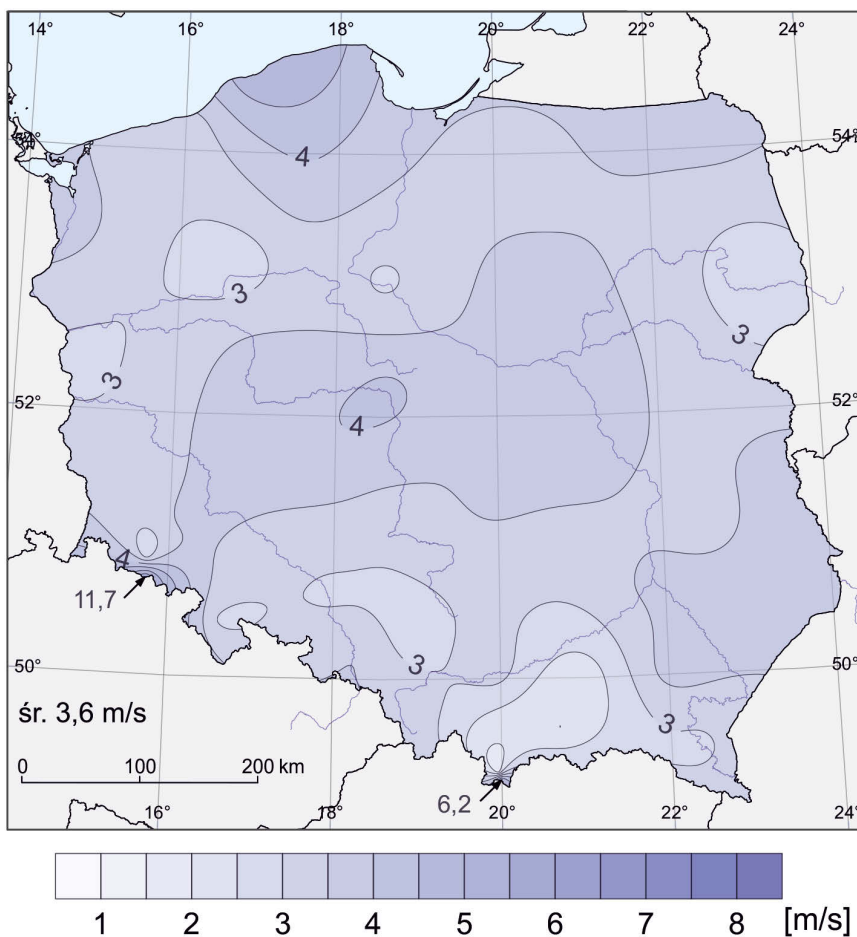


# Średnia roczna prędkość wiatru

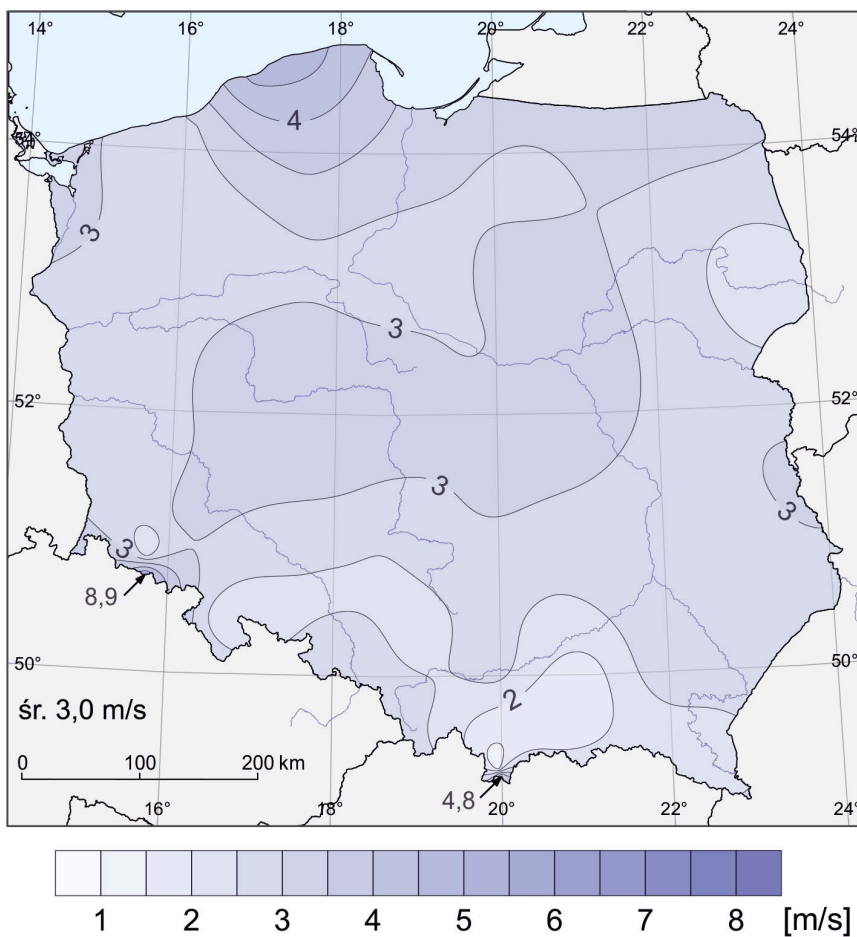




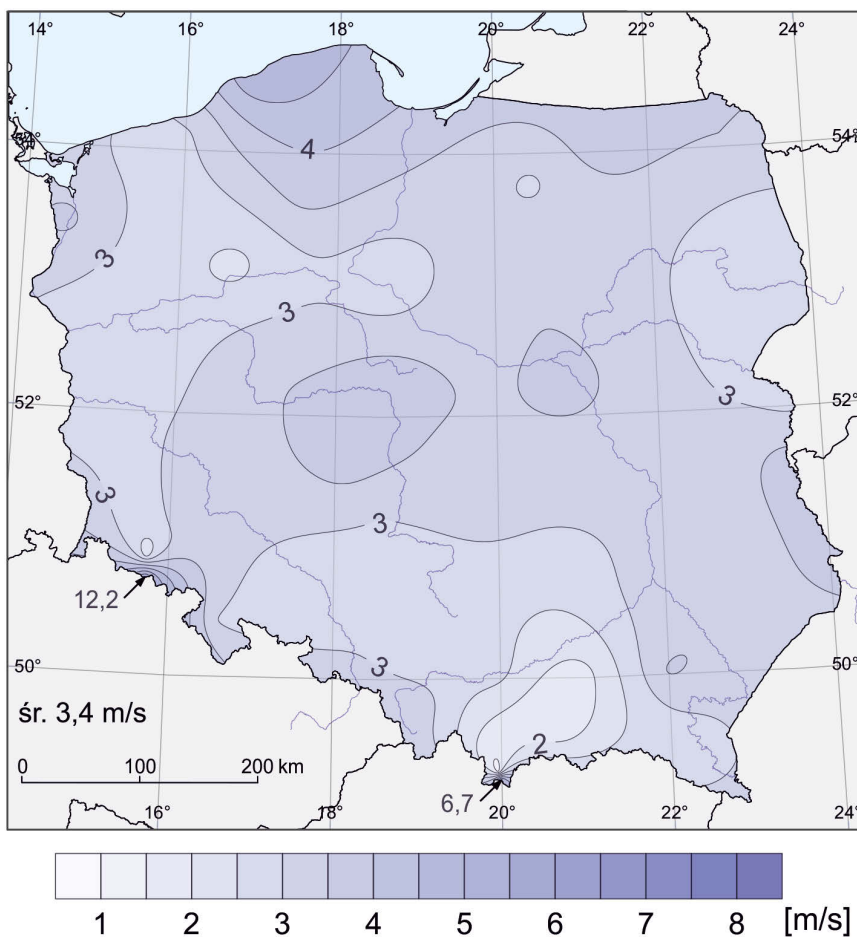
### Średnia prędkość wiatru wiosną



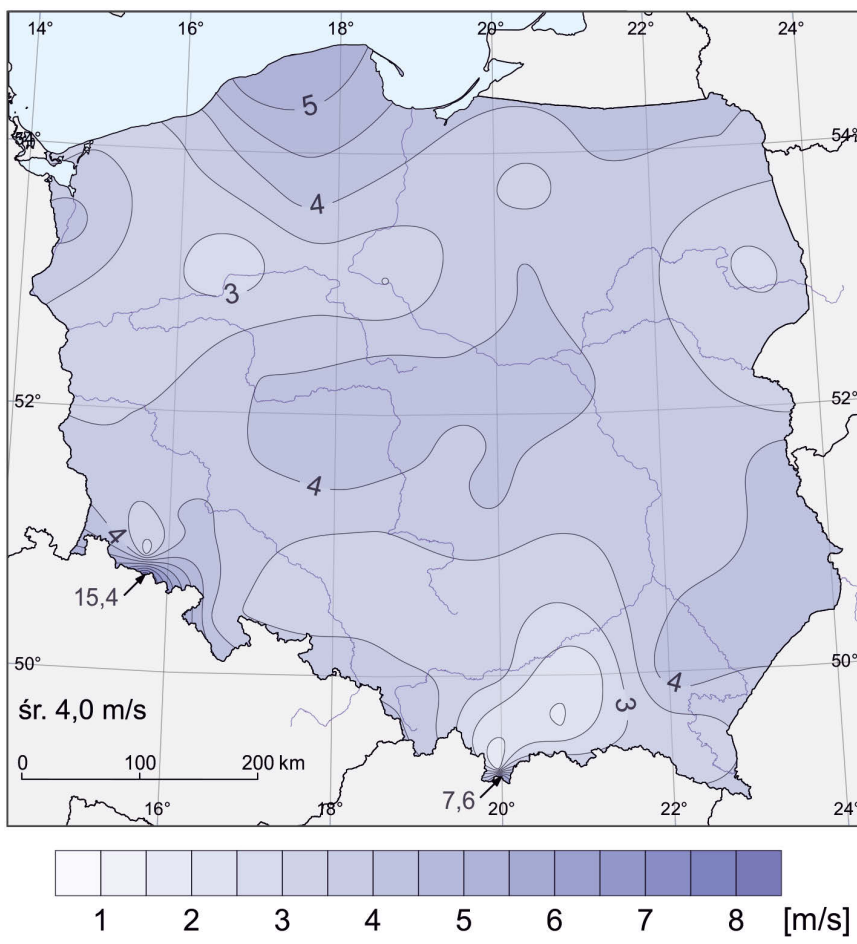
### Średnia prędkość wiatru latem



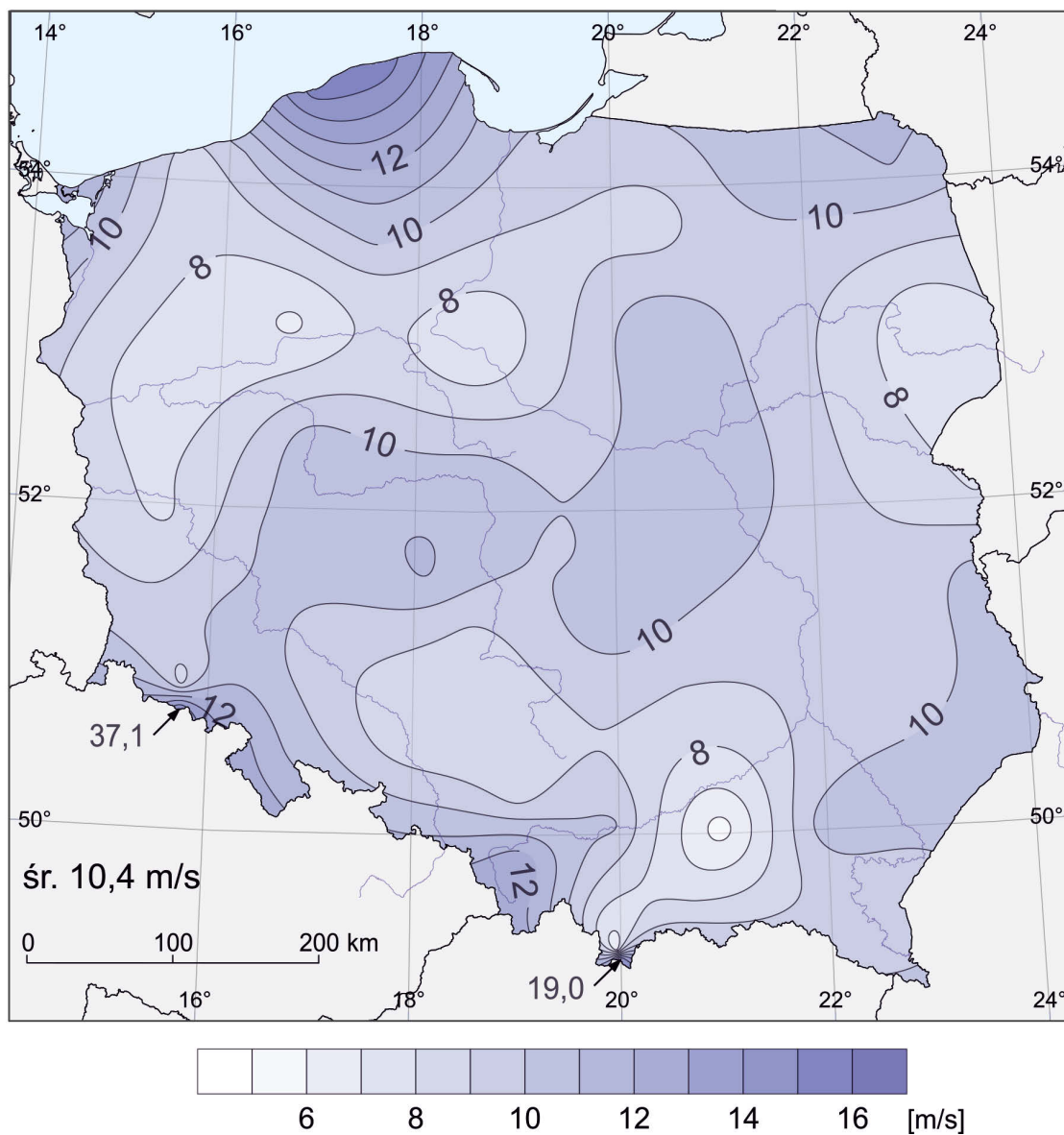
### Średnia prędkość wiatru jesienią



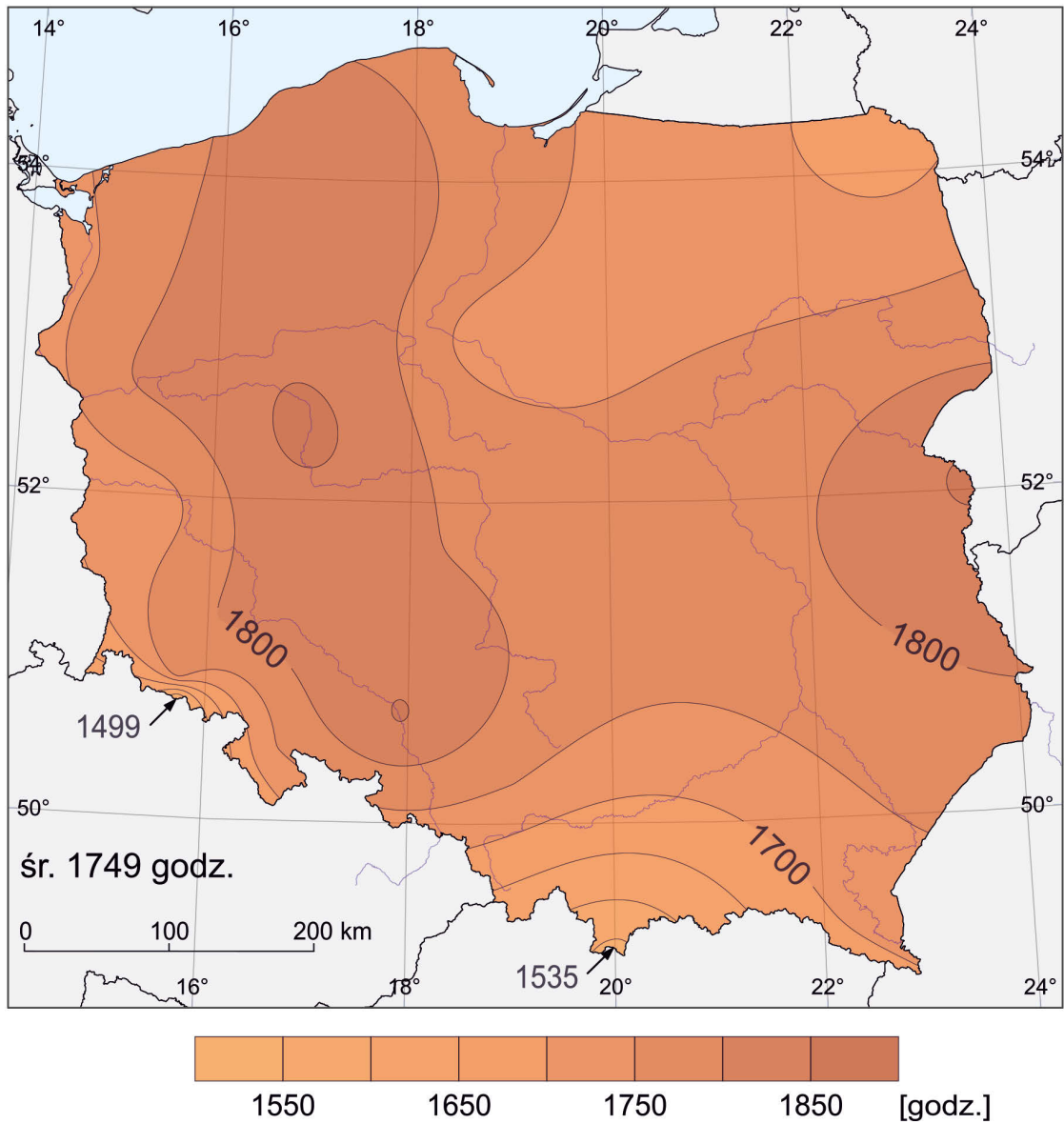
### Średnia prędkość wiatru zimą



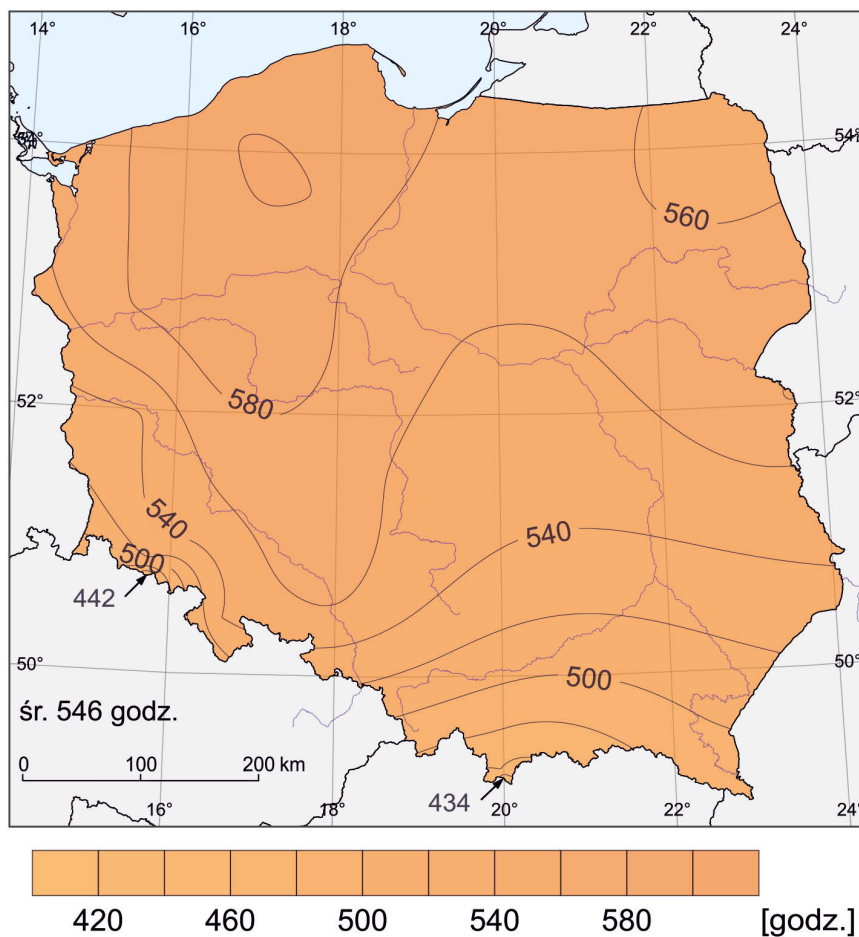
# Średnia maksymalna roczna prędkość wiatru



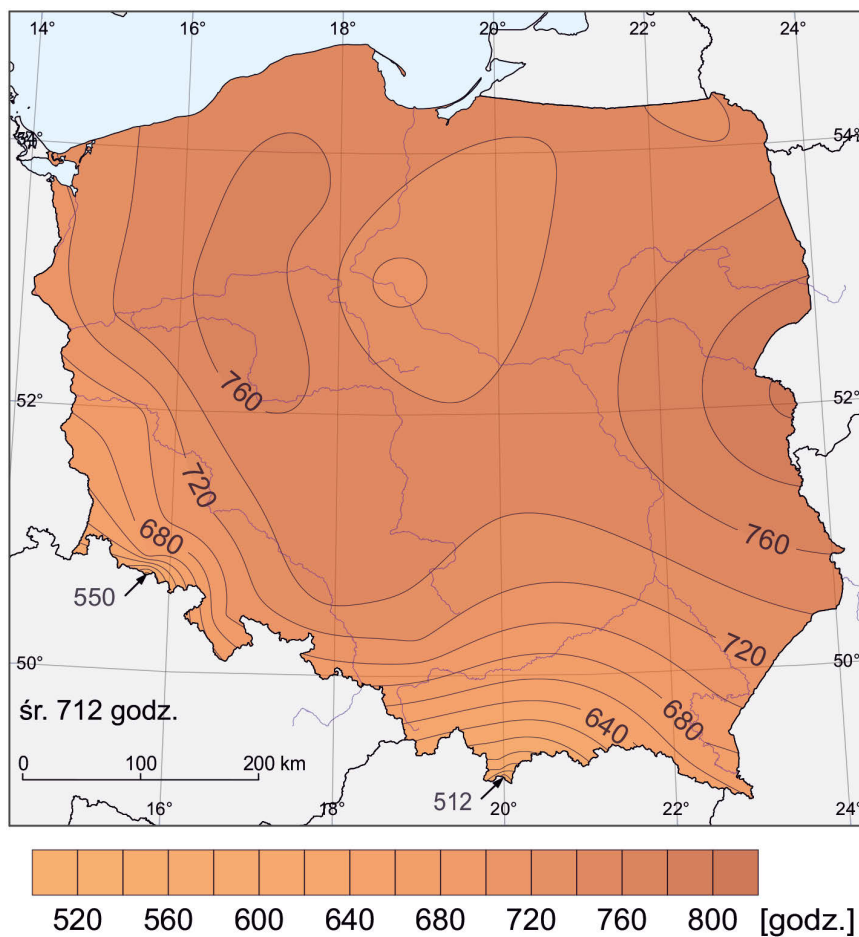
# Średnia roczna suma usłonecznienia



### Średnia suma usłonecznienia wiosną



### Średnia suma usłonecznienia latem





### Średnia suma usłonecznienia jesienią

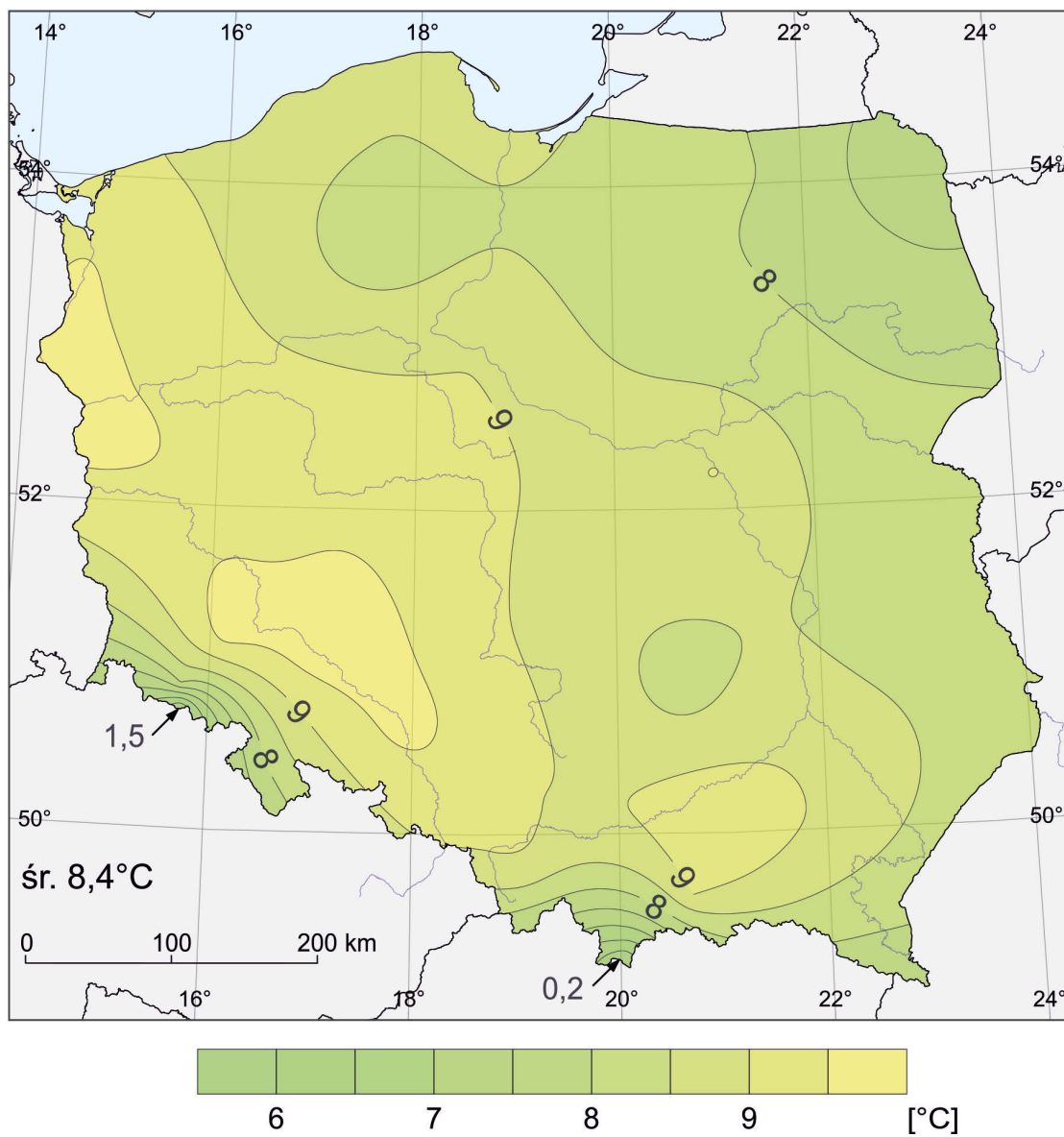


### Średnia suma usłonecznienia zimą

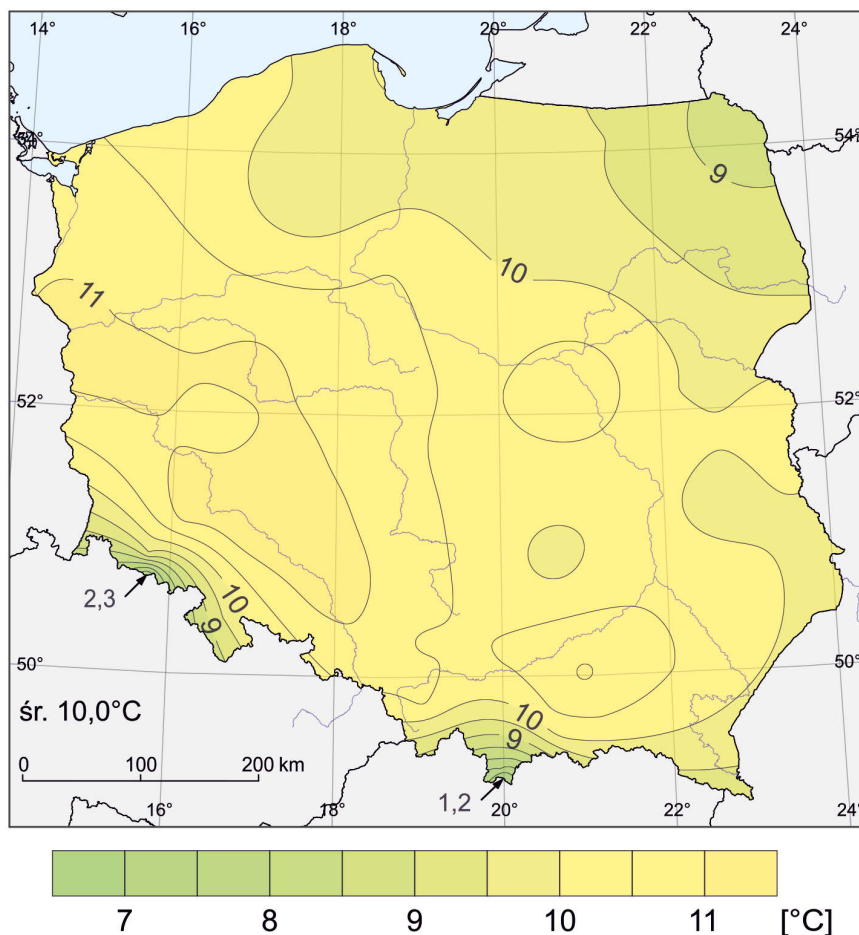




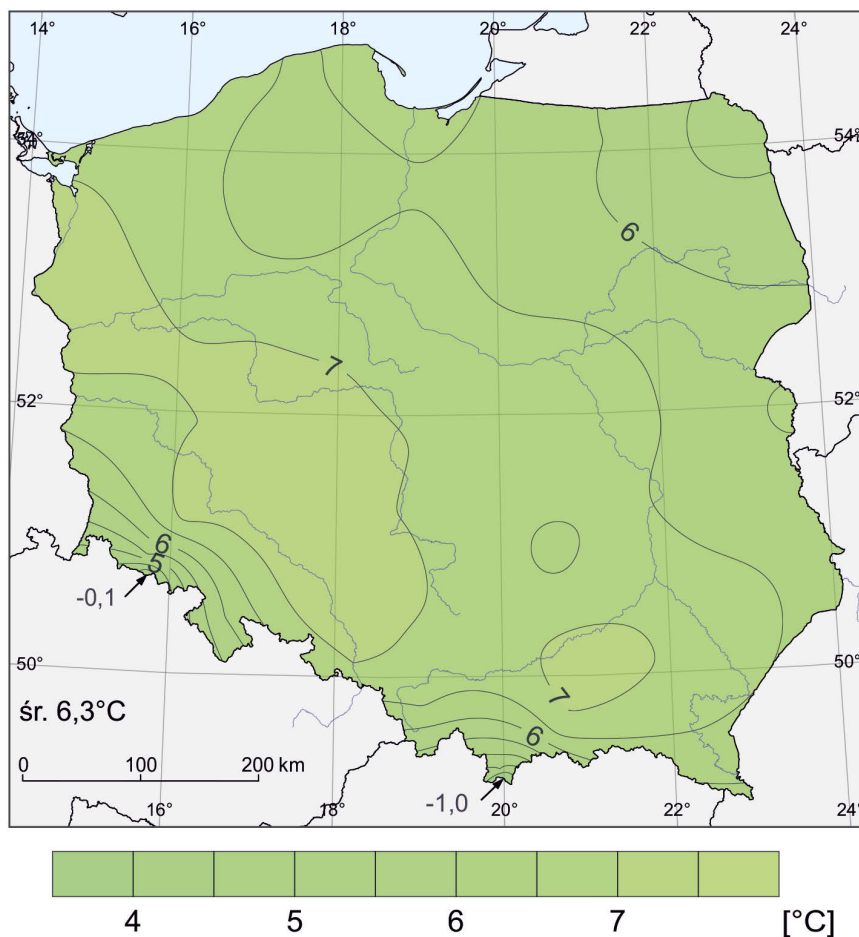
# Średnia roczna temperatura powietrza



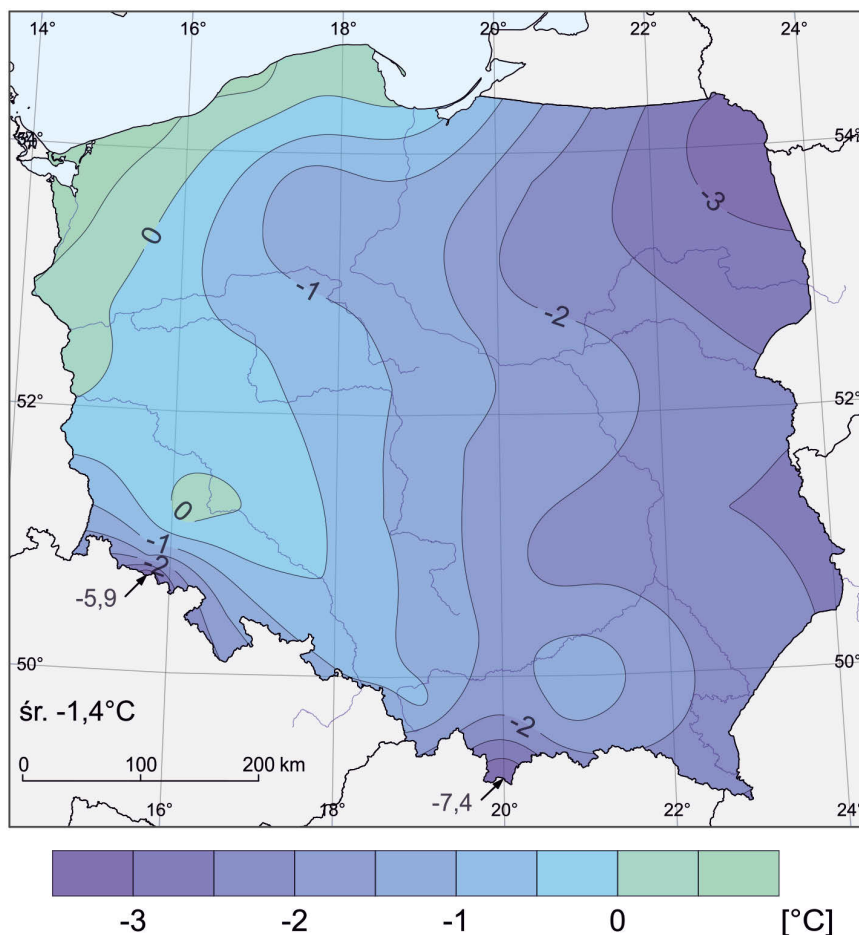
### Średnia roczna temperatura powietrza w najcieplejszym roku (2019)



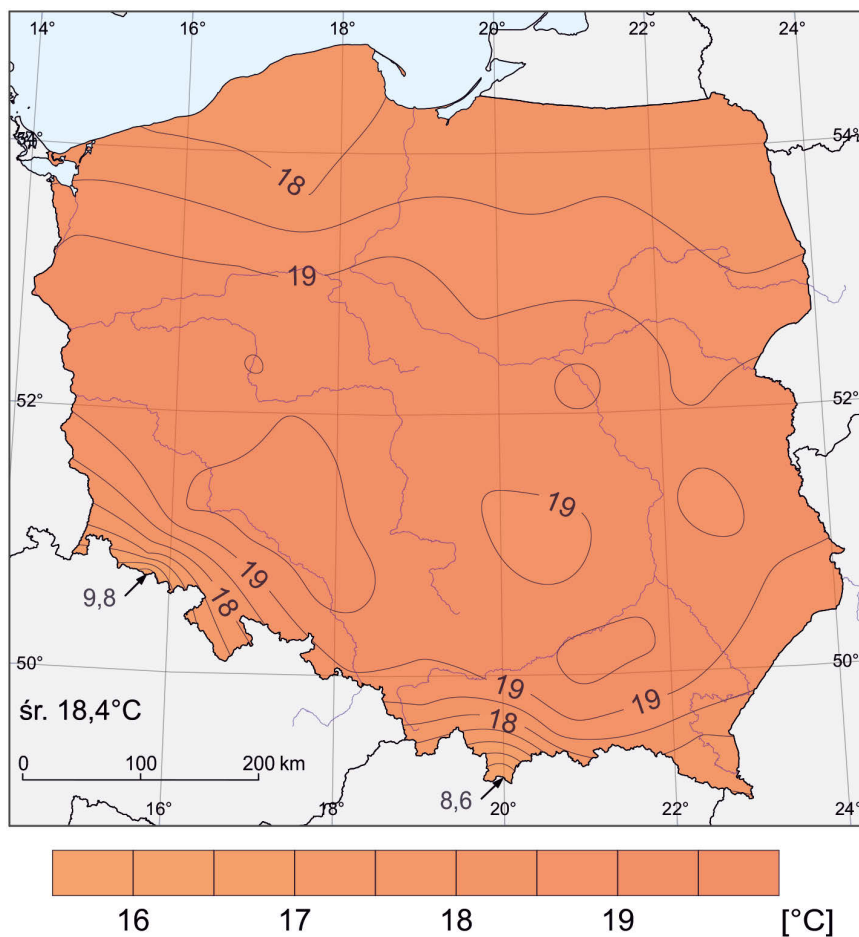
### Średnia roczna temperatura powietrza w najchłodniejszym roku (1996)



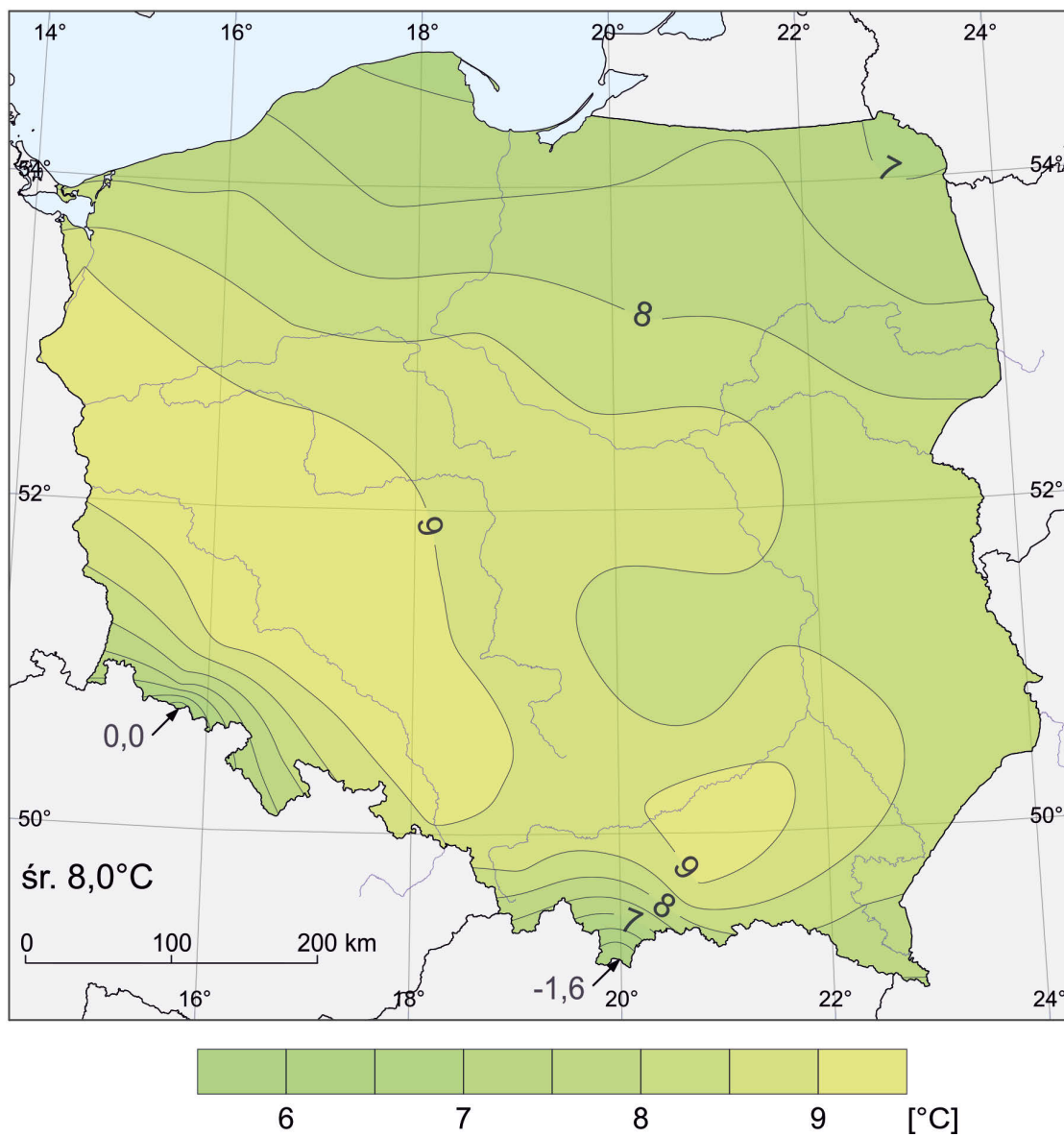
## Średnia temperatura powietrza w styczniu



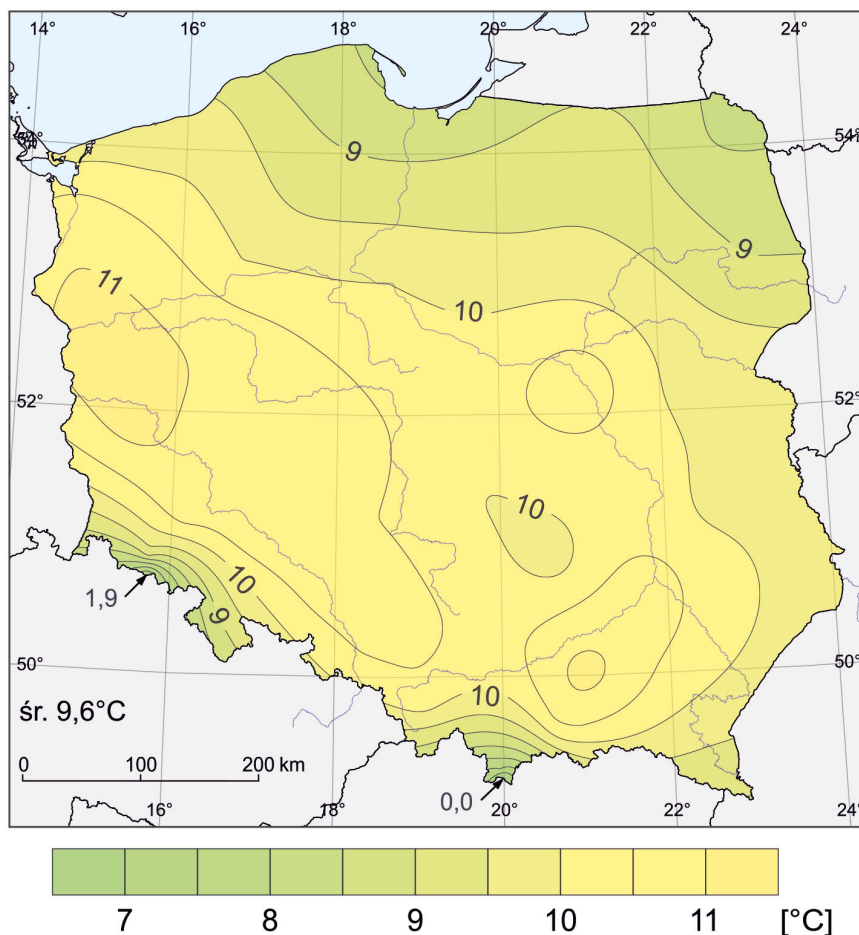
## Średnia temperatura powietrza w lipcu



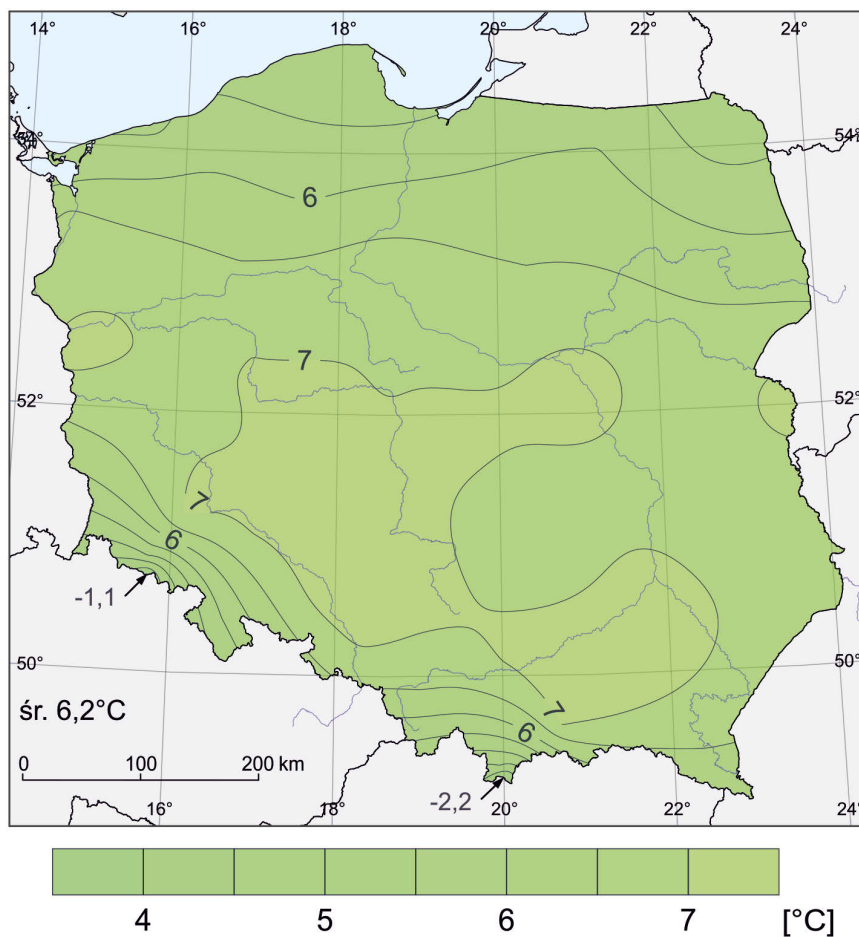
# Średnia temperatura powietrza wiosną



### Średnia temperatura powietrza najcieplejszej wiosny (2007)

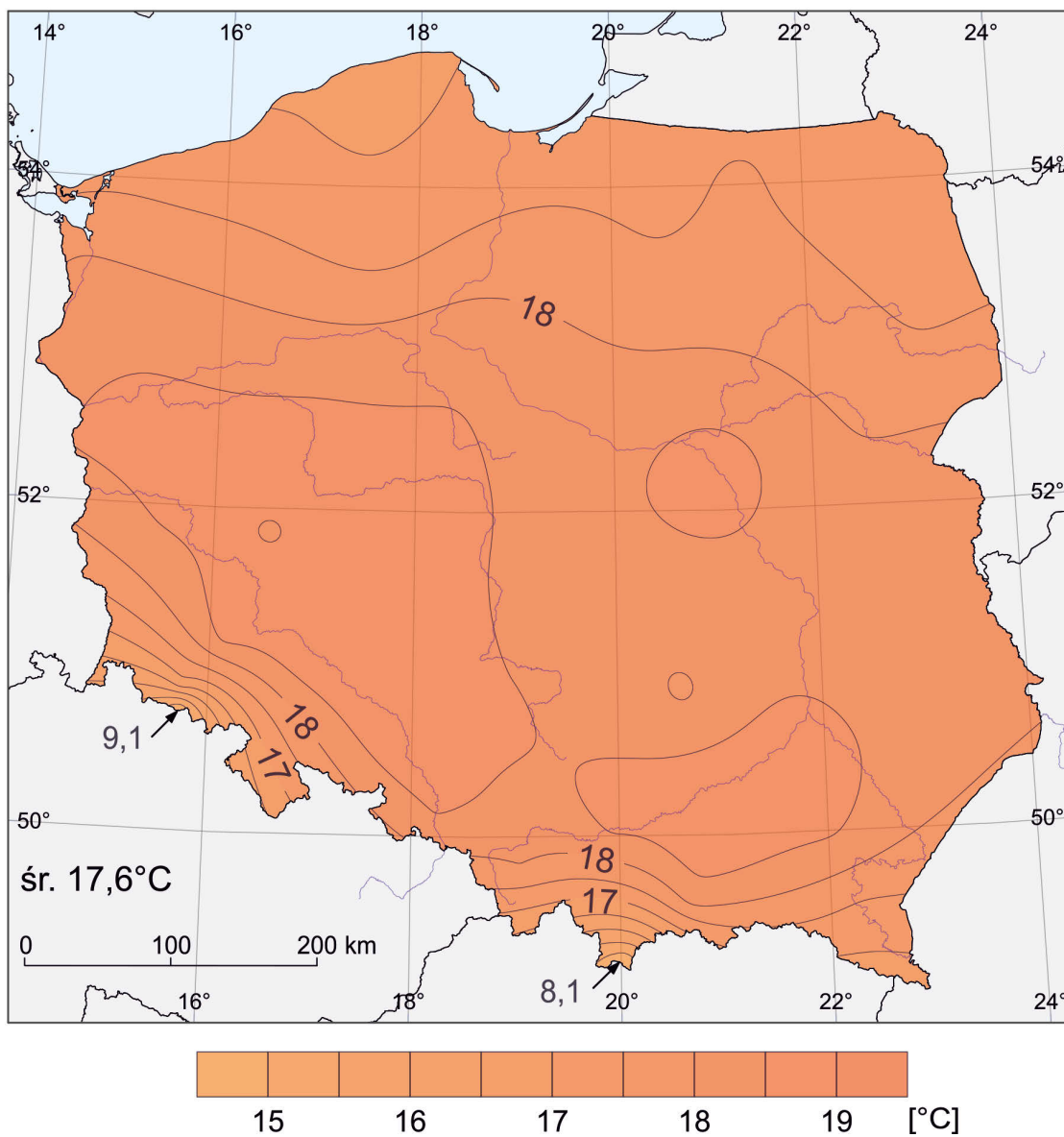


### Średnia temperatura powietrza najchłodniejszej wiosny (1996)



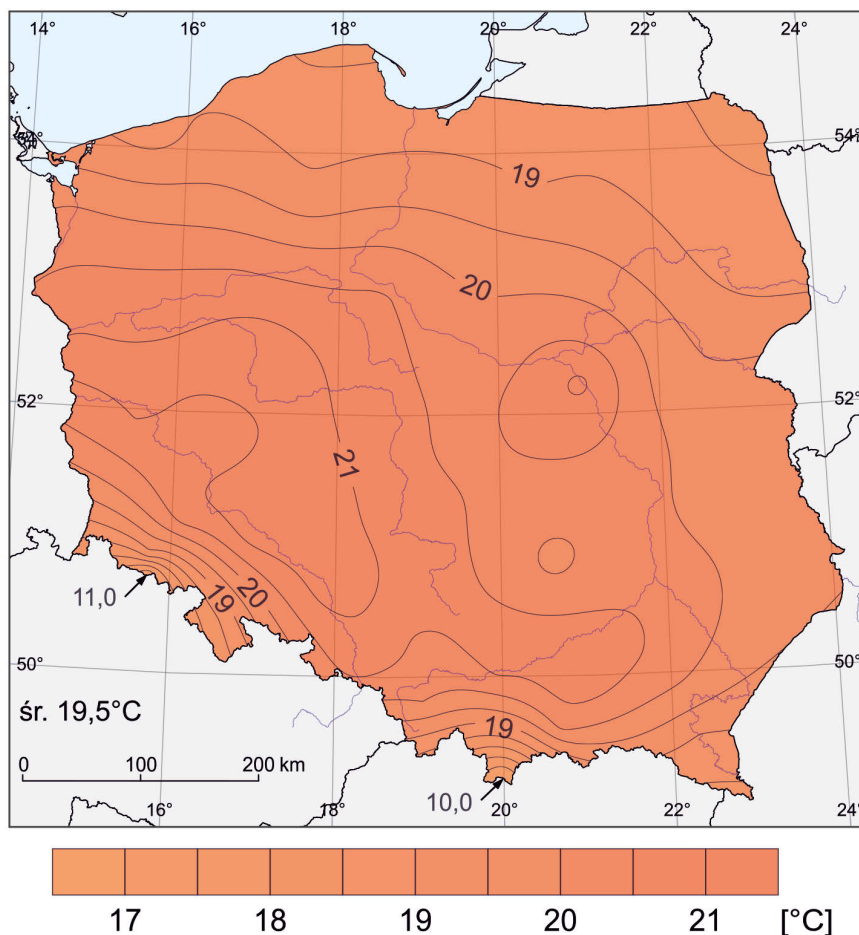


# Średnia temperatura powietrza latem

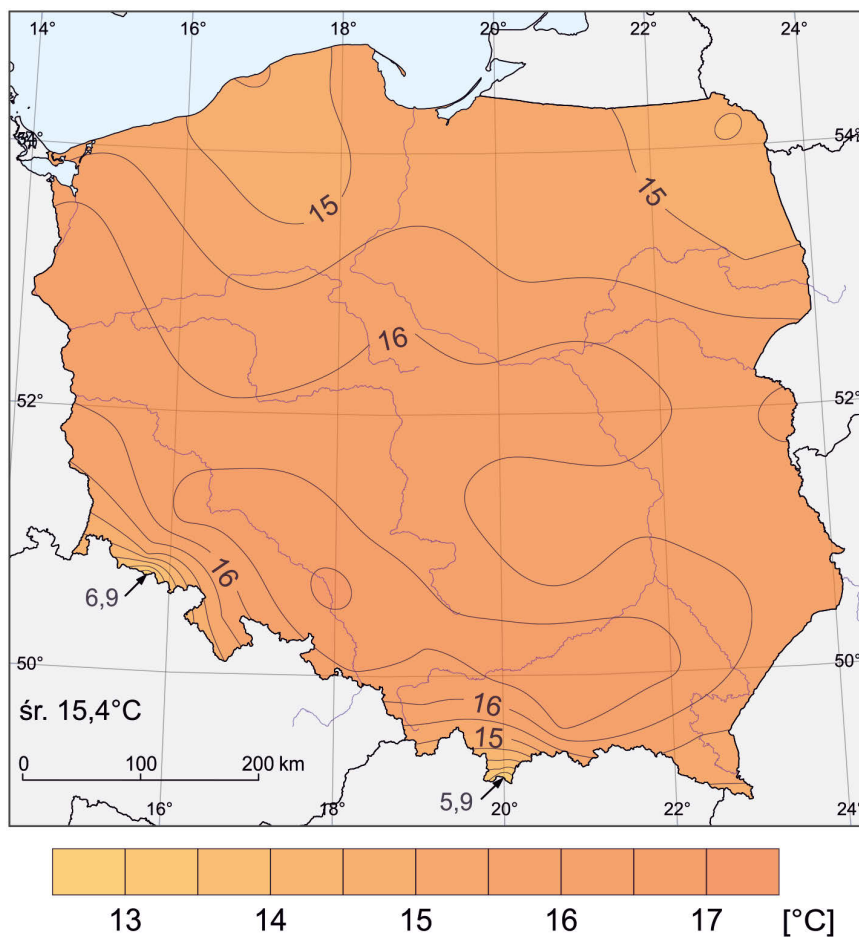




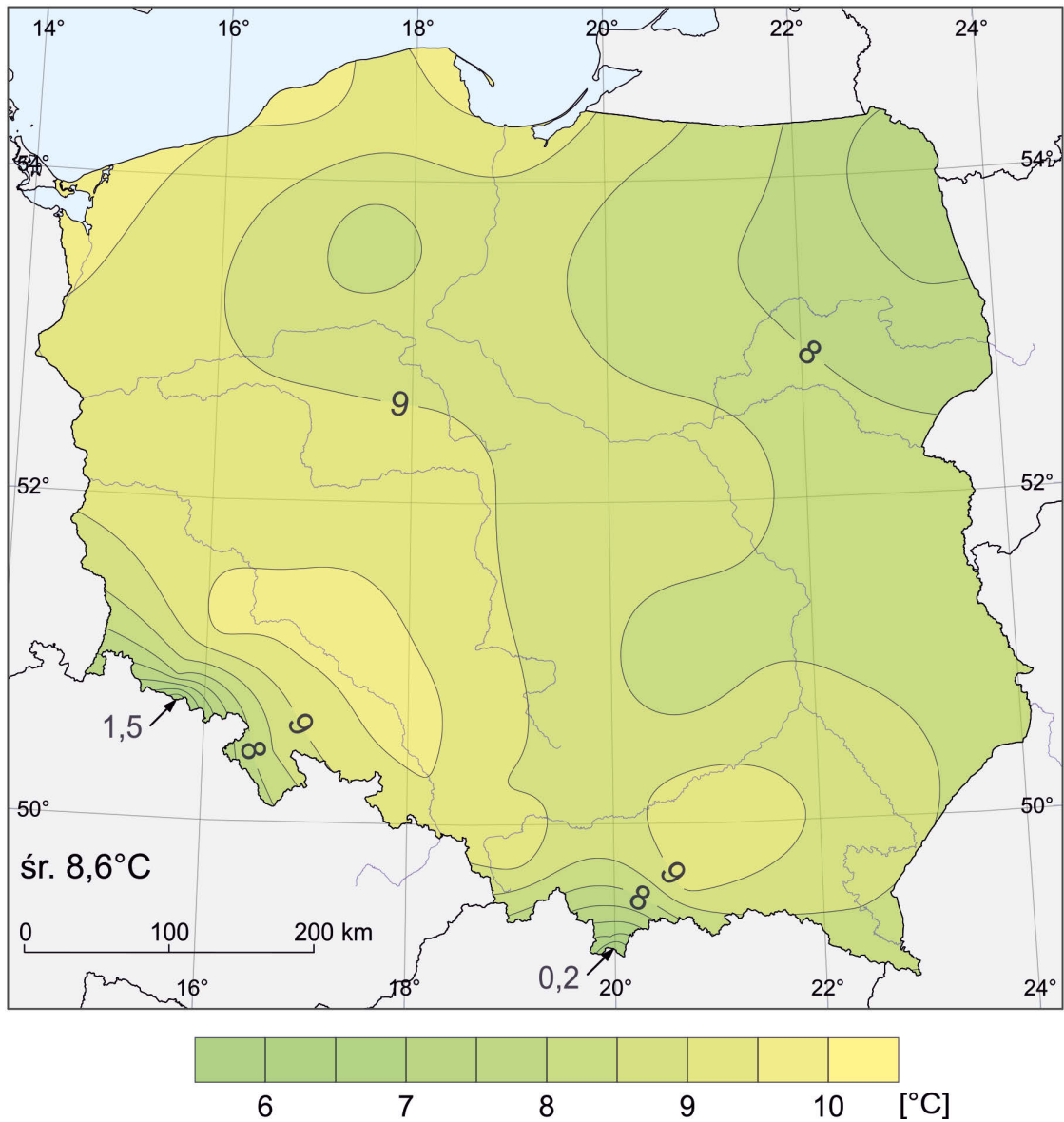
### Średnia temperatura powietrza najcieplejszego lata (2019)



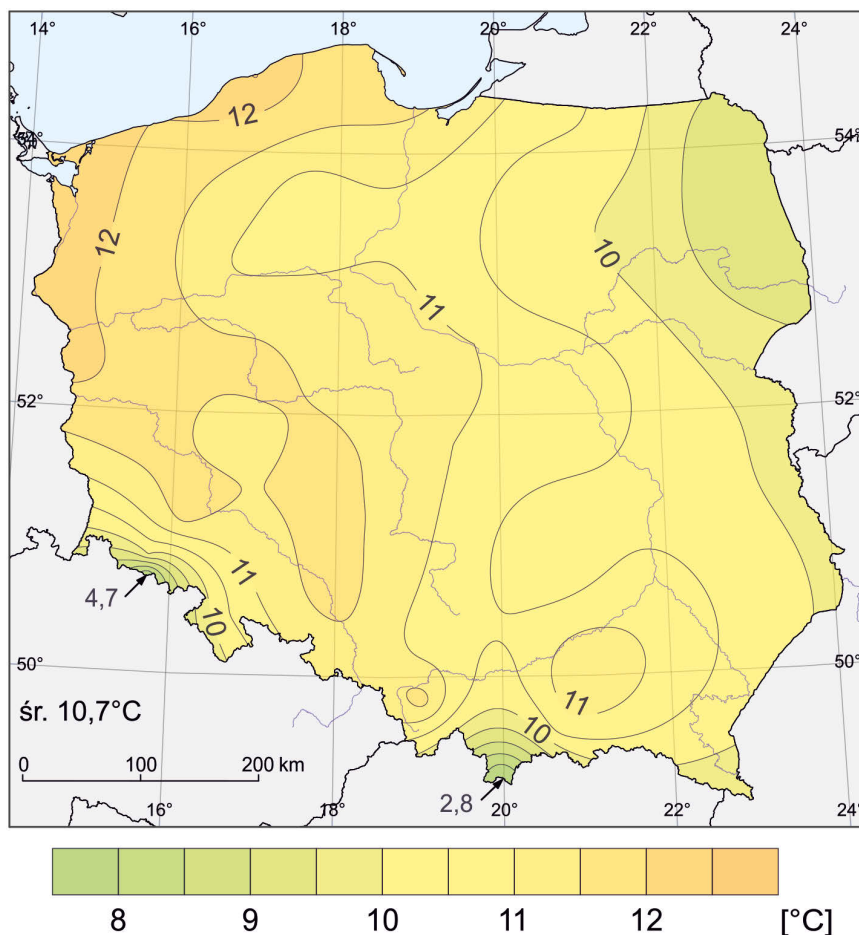
### Średnia temperatura powietrza najchłodniejszego lata (1993)



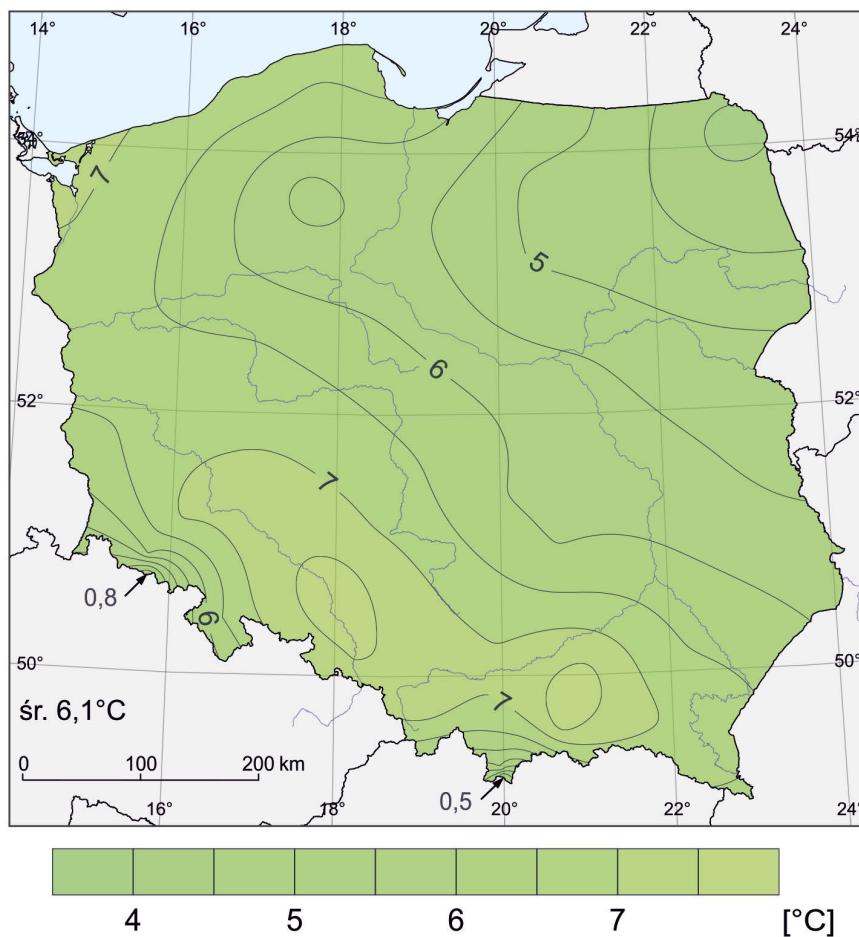
## Średnia temperatura powietrza jesienią



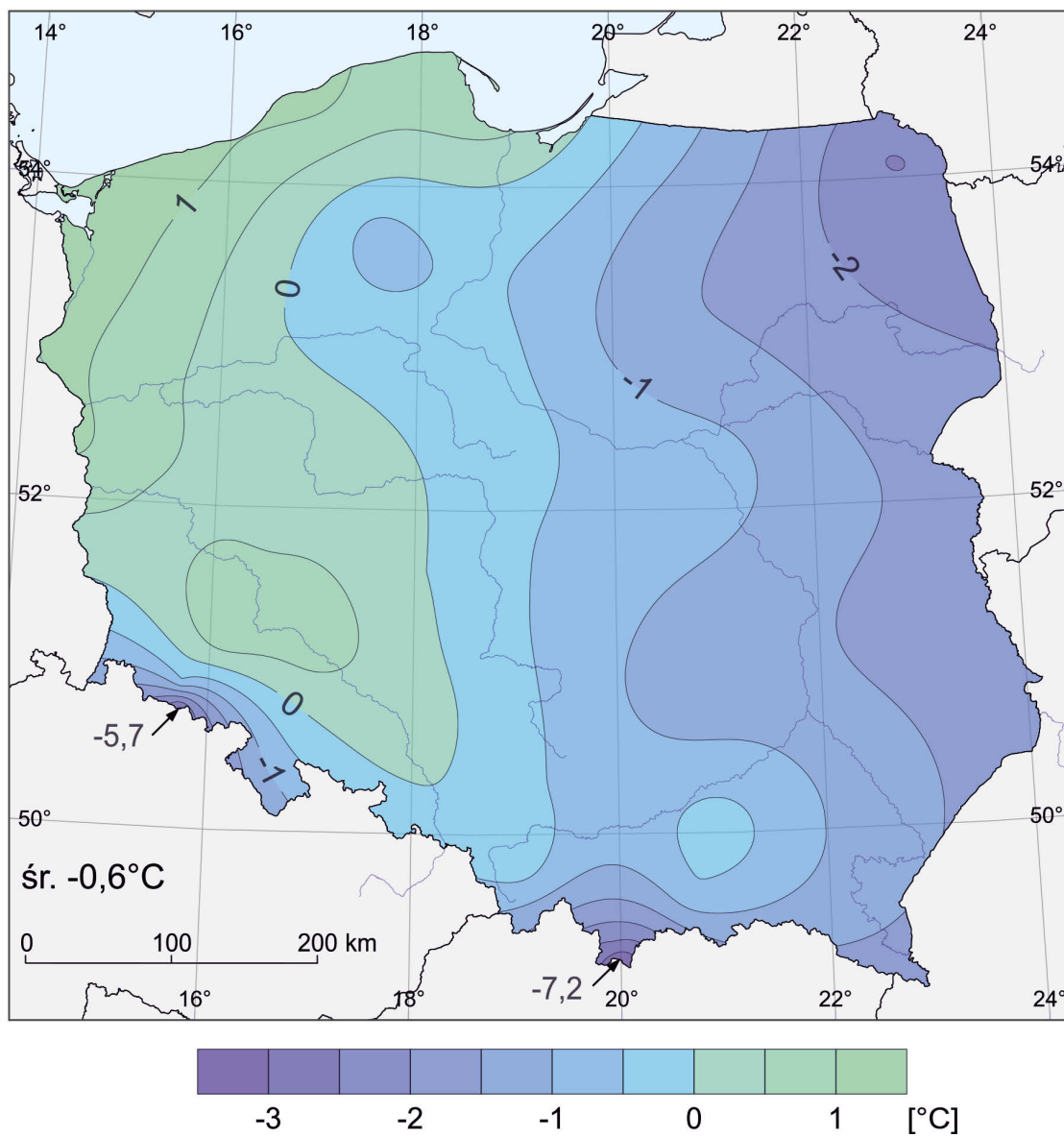
### Średnia temperatura powietrza najcieplejszej jesieni (2006)



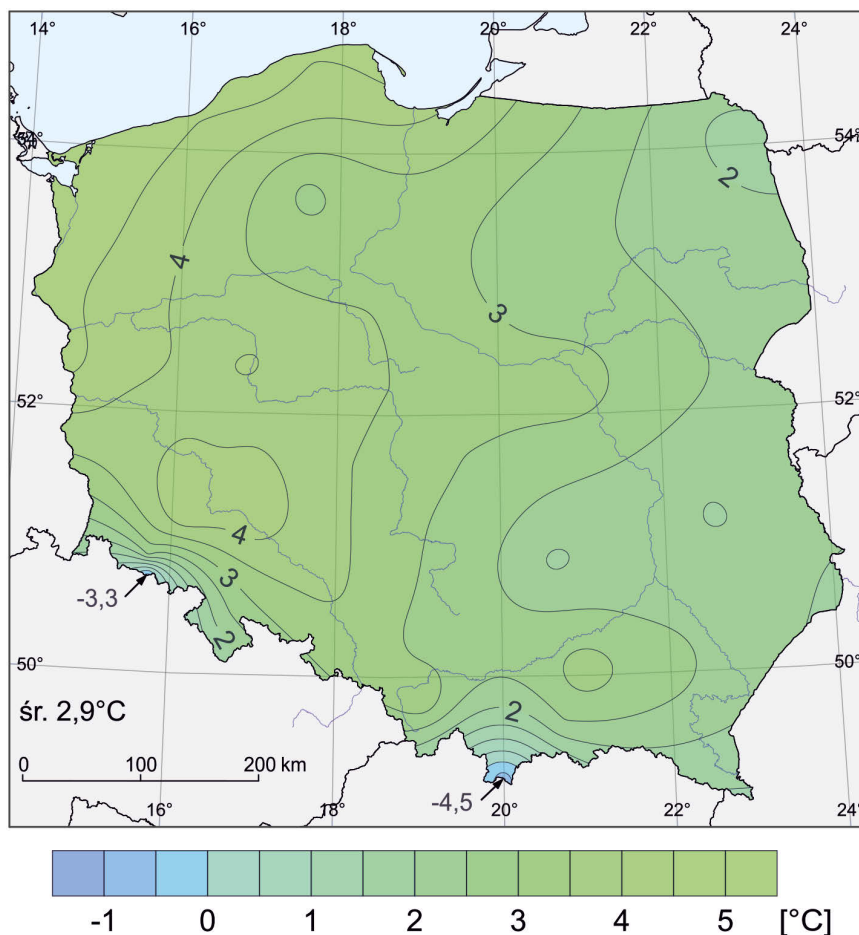
### Średnia temperatura powietrza najchłodniejszej jesieni (1993)



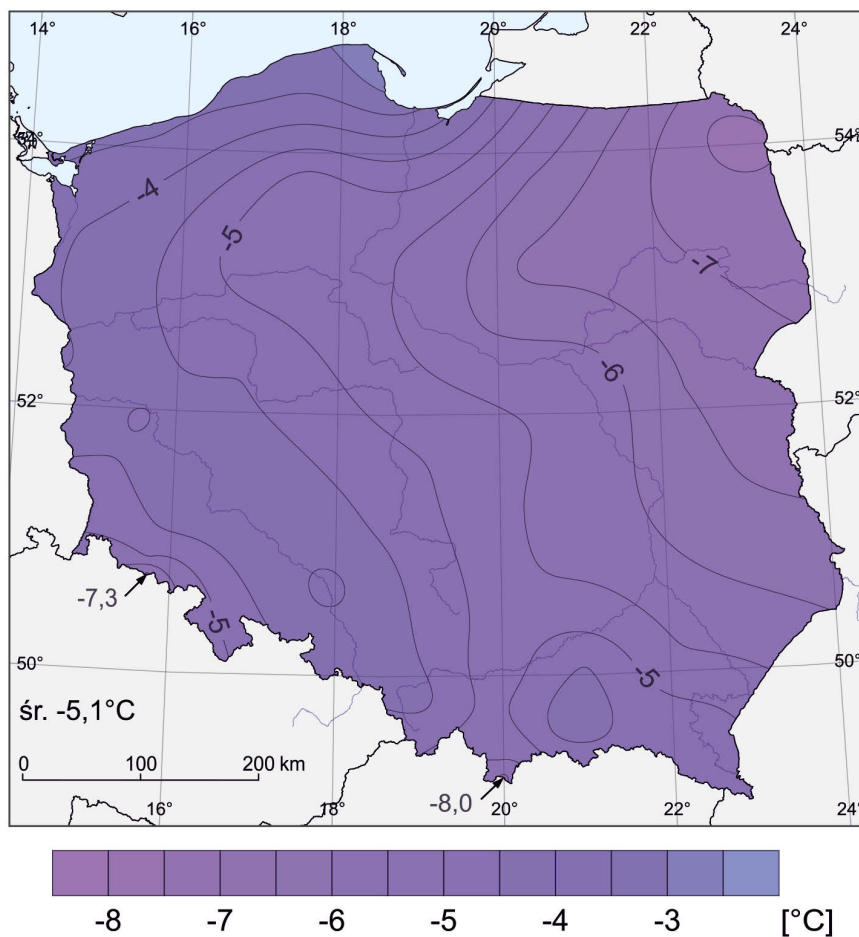
# Średnia temperatura powietrza zimą



### Średnia temperatura powietrza najcieplejszej zimy (2019/2020)

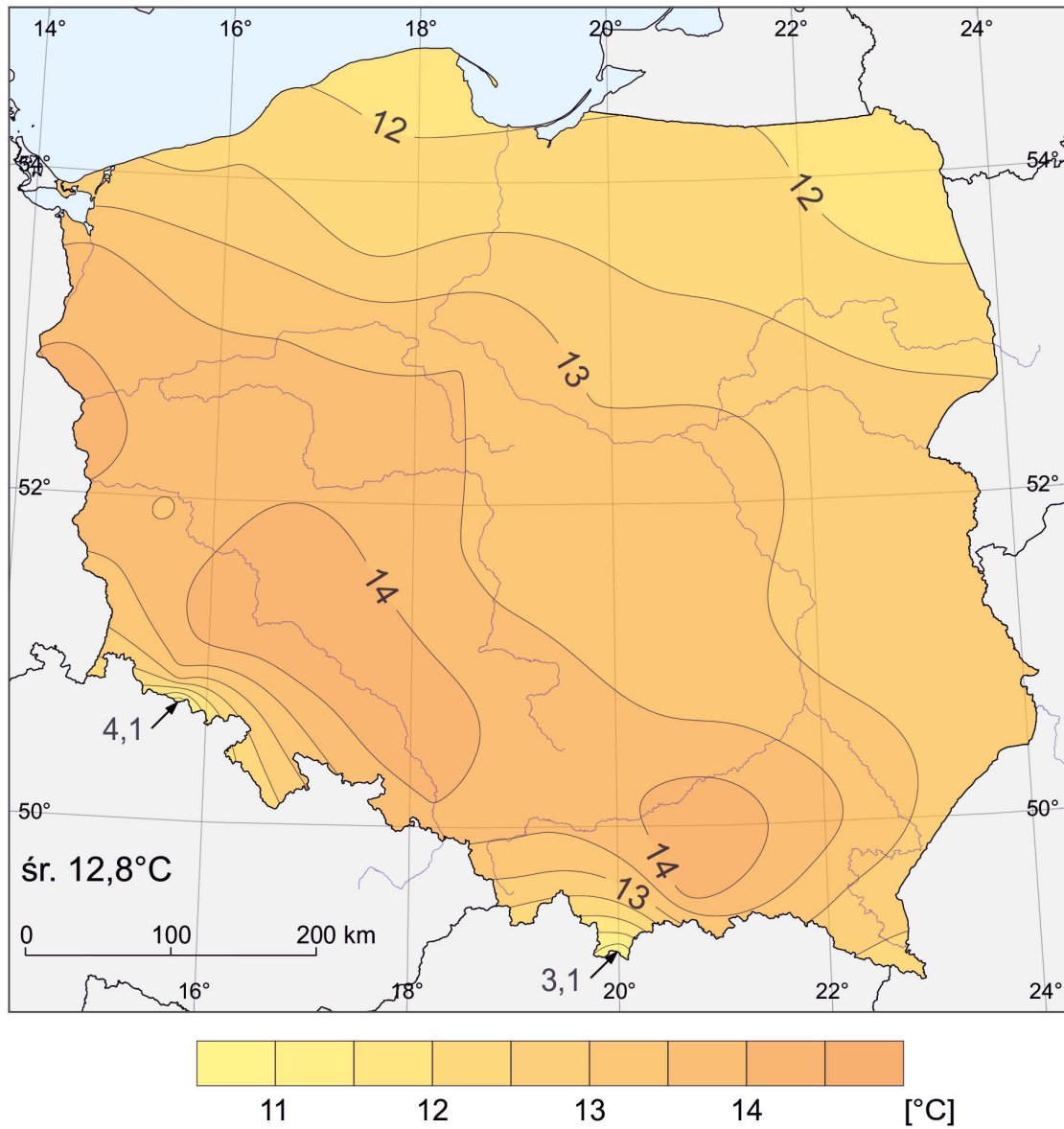


### Średnia temperatura powietrza najchłodniejszej zimy (1995/1996)



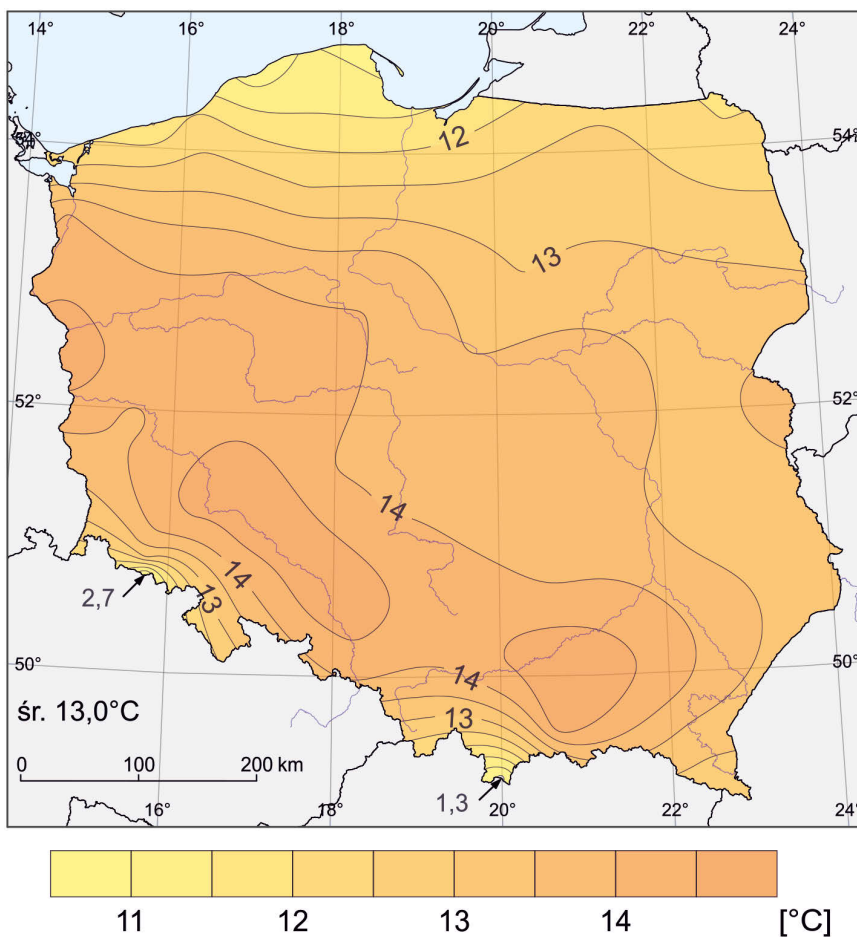


## Średnia roczna maksymalna temperatura powietrza

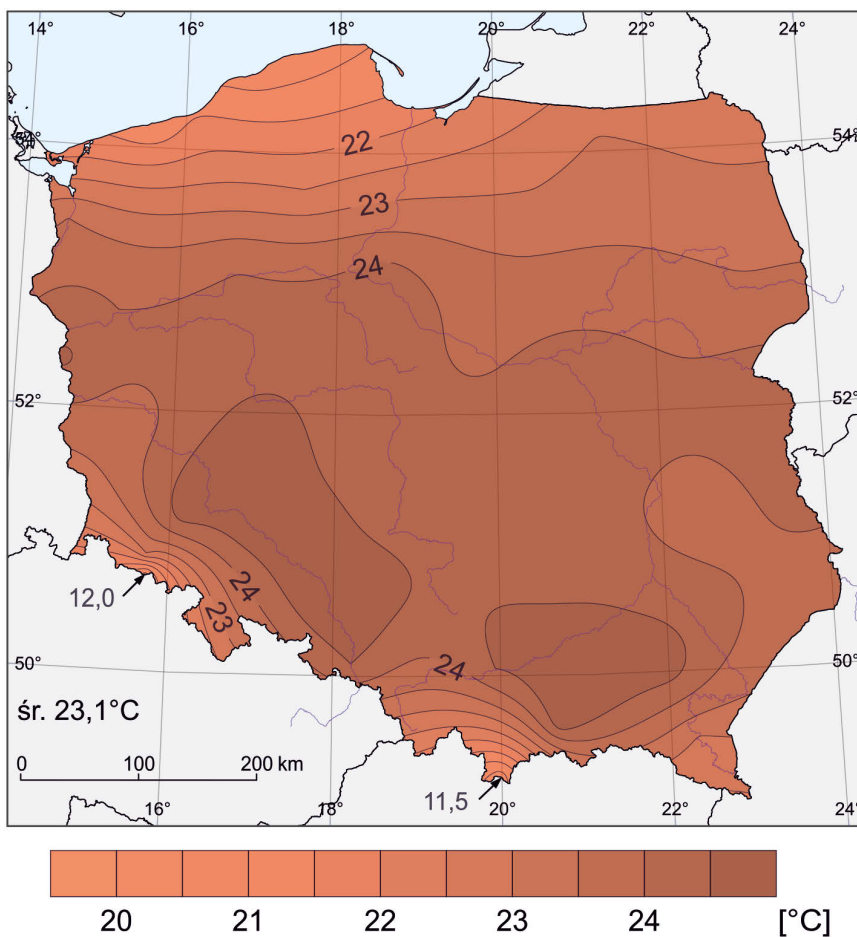




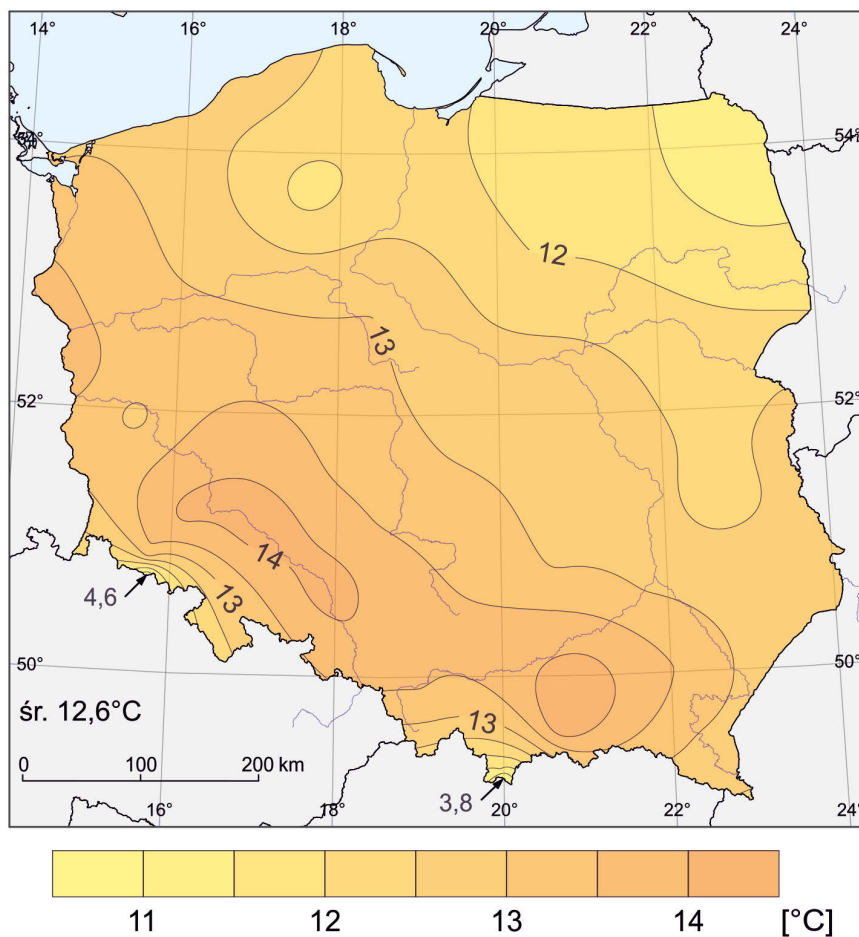
### Średnia maksymalna temperatura powietrza wiosną



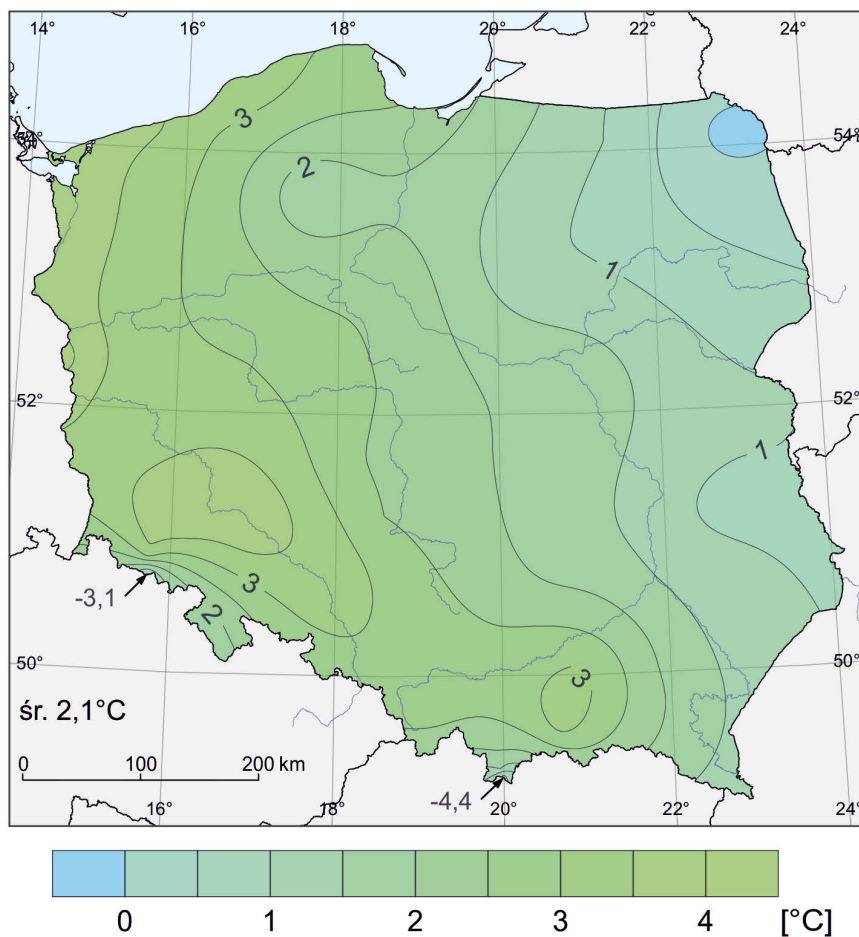
### Średnia maksymalna temperatura powietrza latem



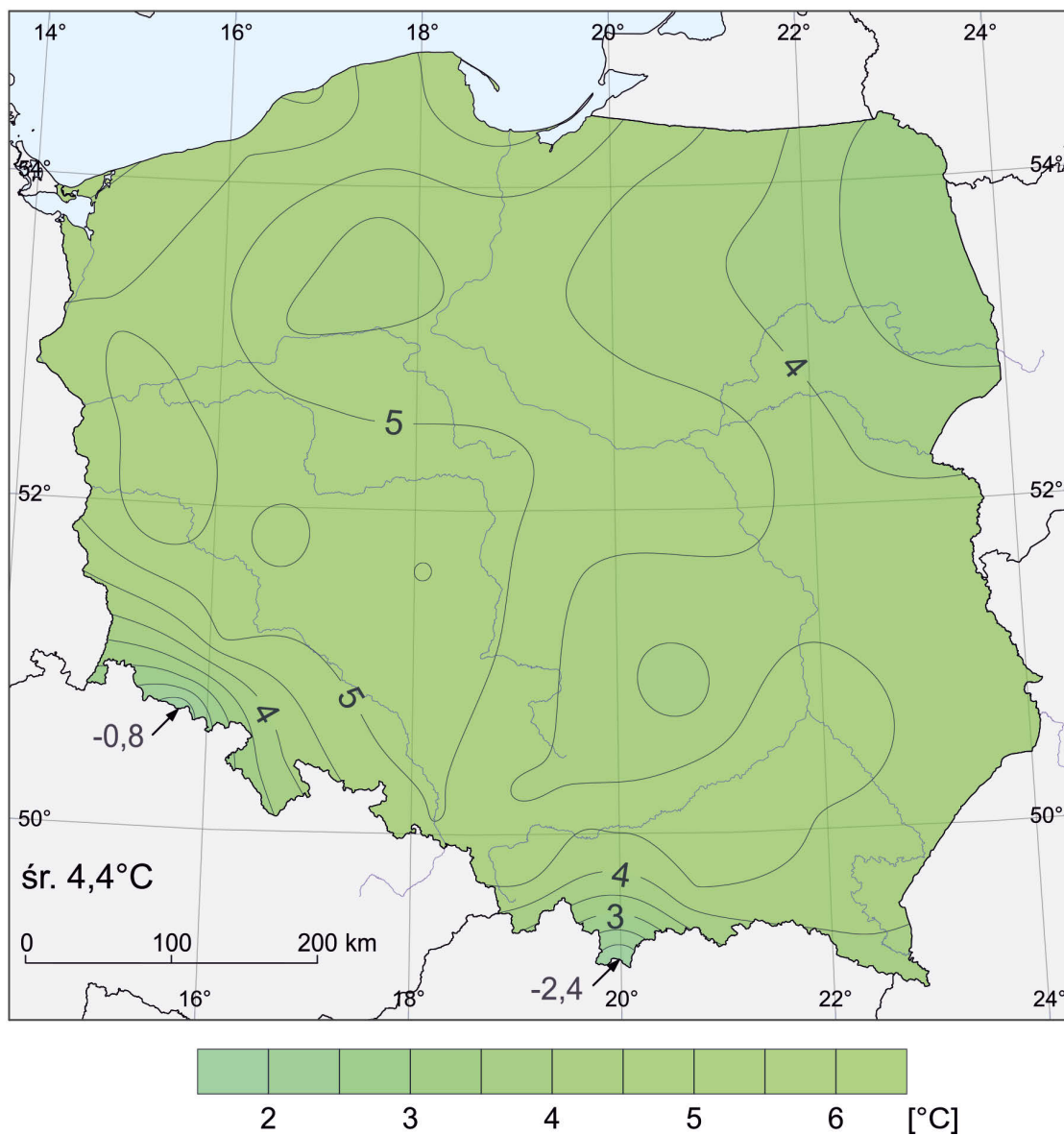
### Średnia maksymalna temperatura powietrza jesienią



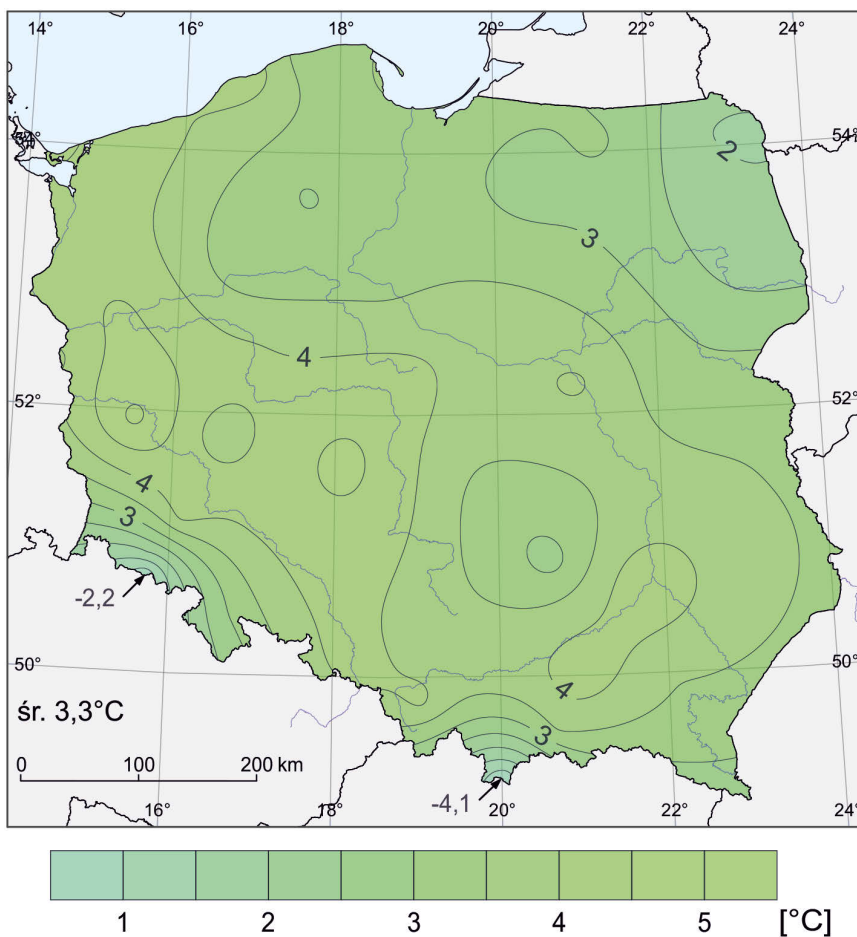
### Średnia maksymalna temperatura powietrza zimą



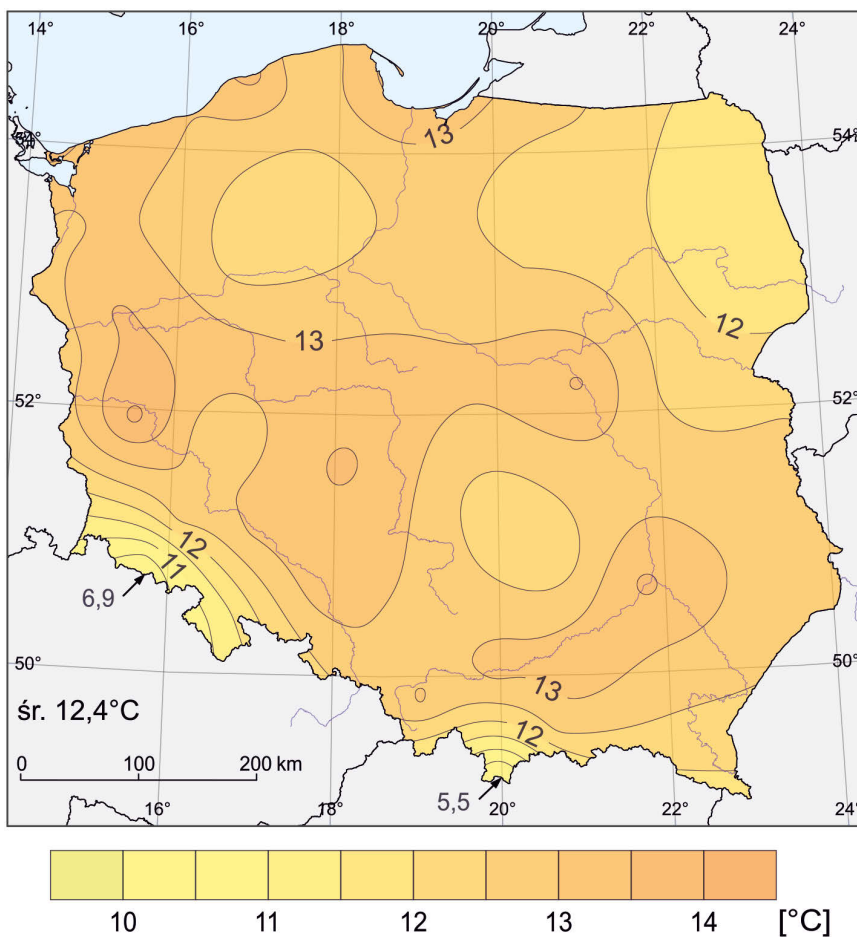
## Średnia roczna minimalna temperatura powietrza



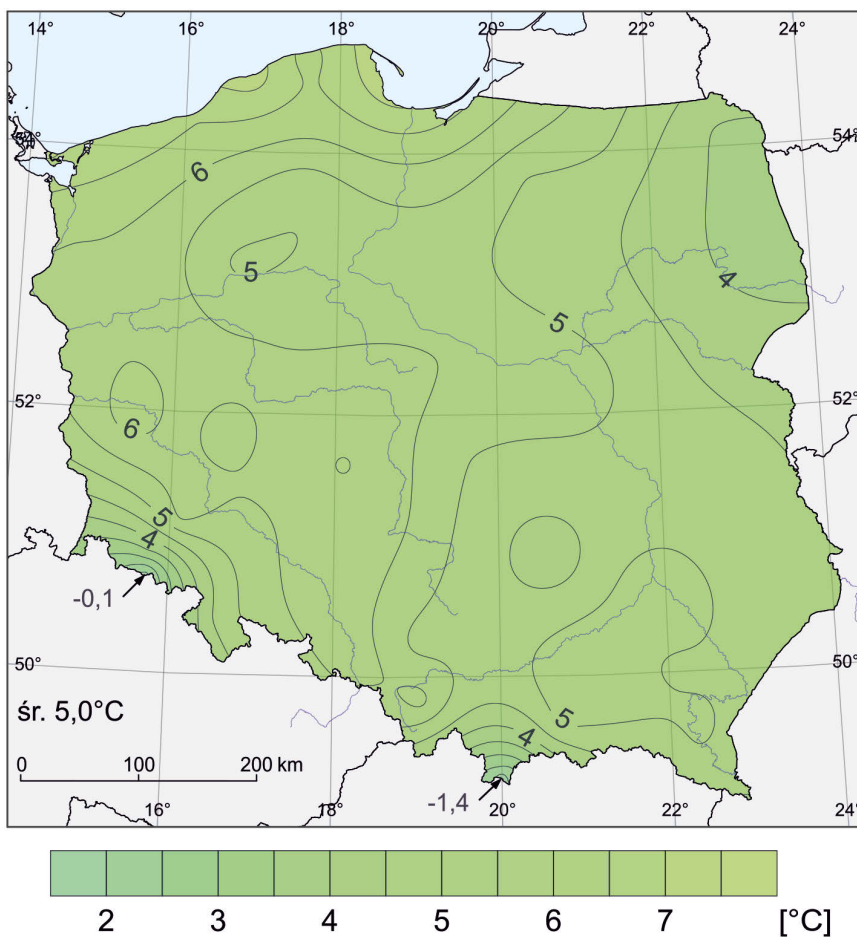
### Średnia minimalna temperatura powietrza wiosną



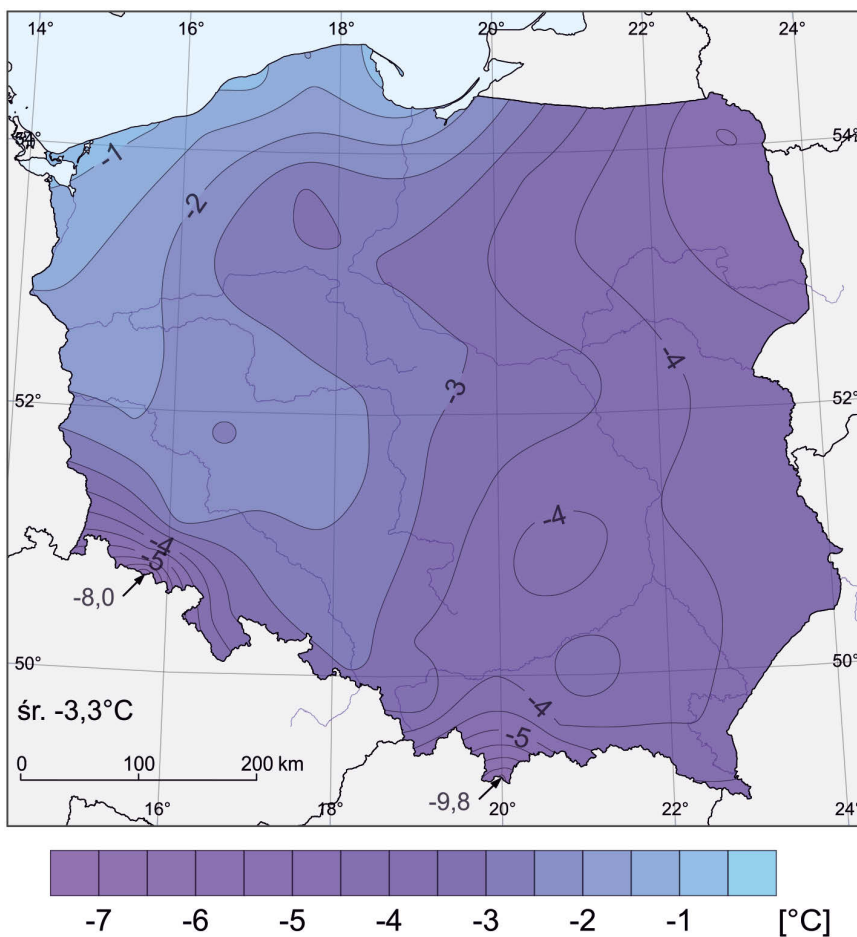
### Średnia minimalna temperatura powietrza latem



### Średnia minimalna temperatura powietrza jesienią

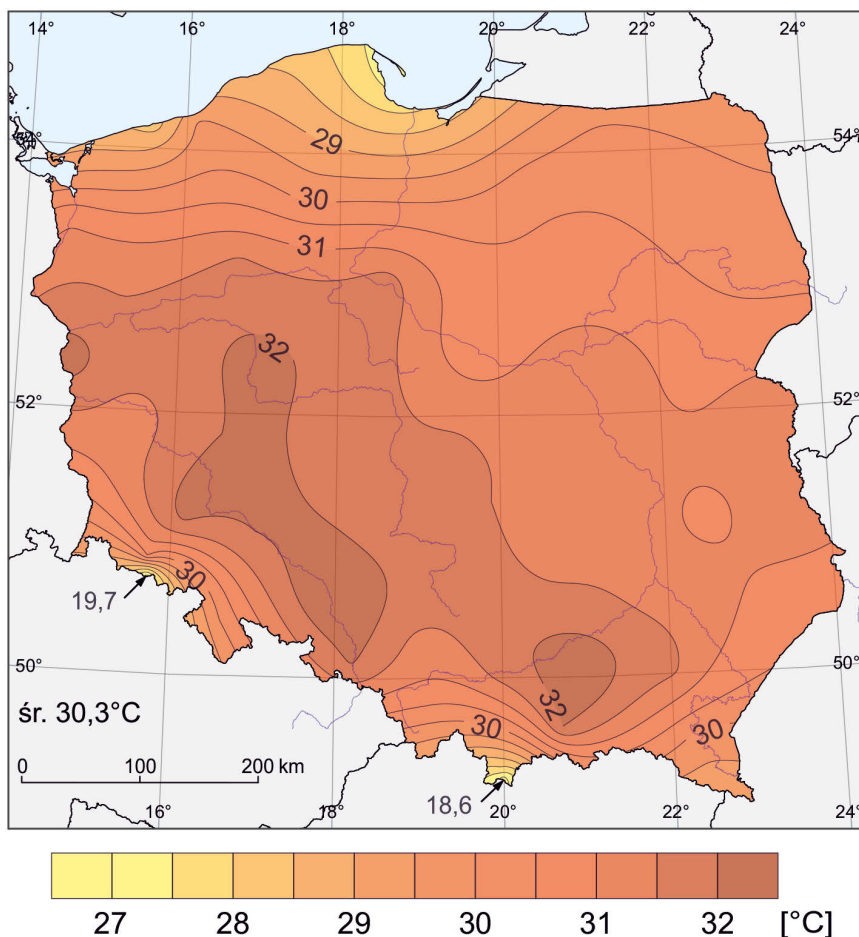


### Średnia minimalna temperatura powietrza zimą

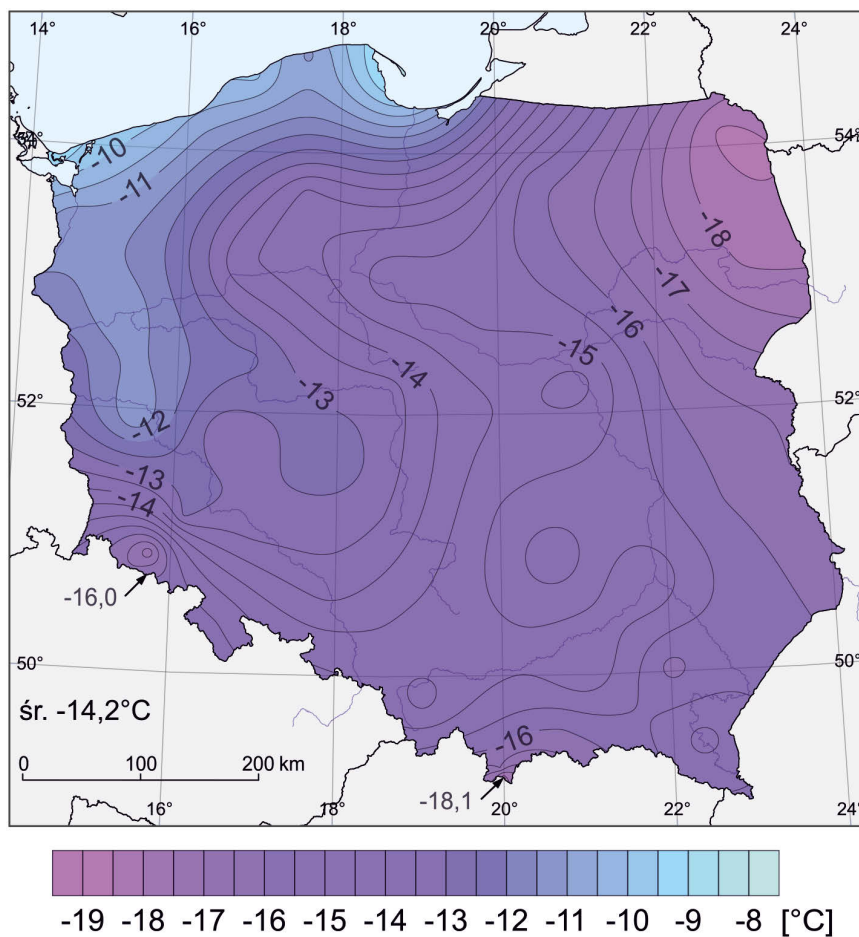




### Maksymalna temperatura powietrza latem (Tmax 95 percentyl)

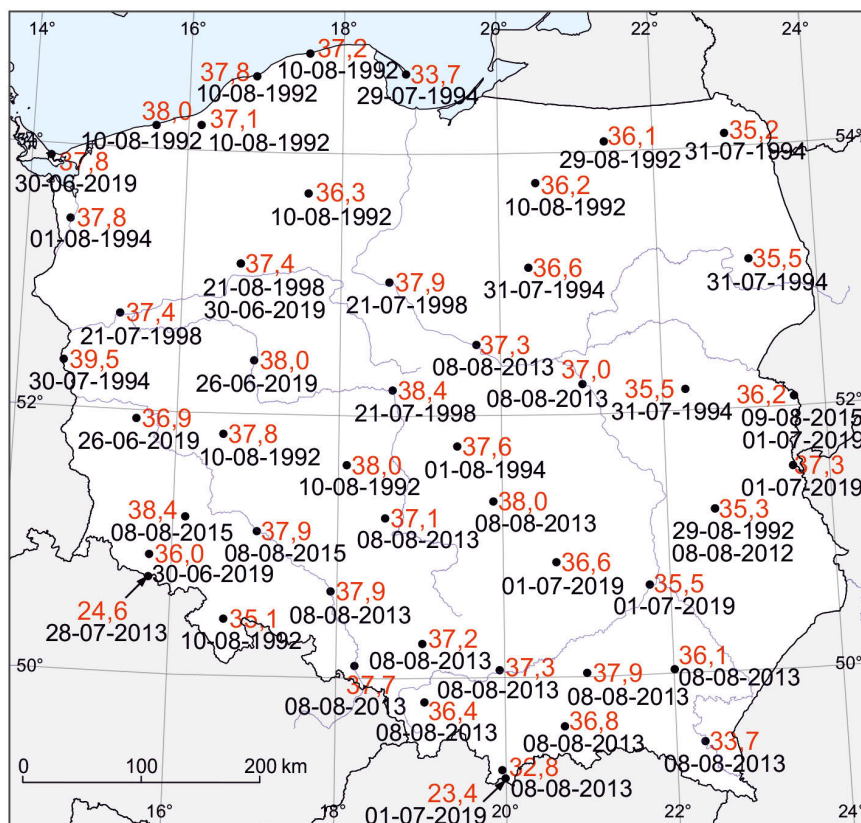


### Minimalna temperatura powietrza zimą (Tmin 5 percentyl)

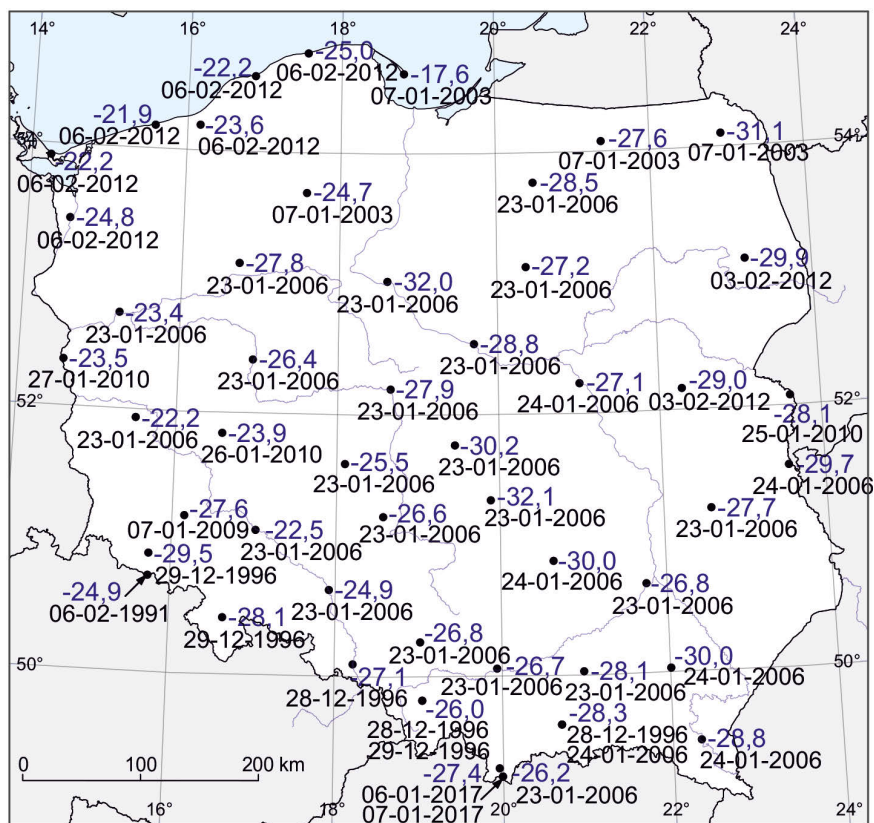




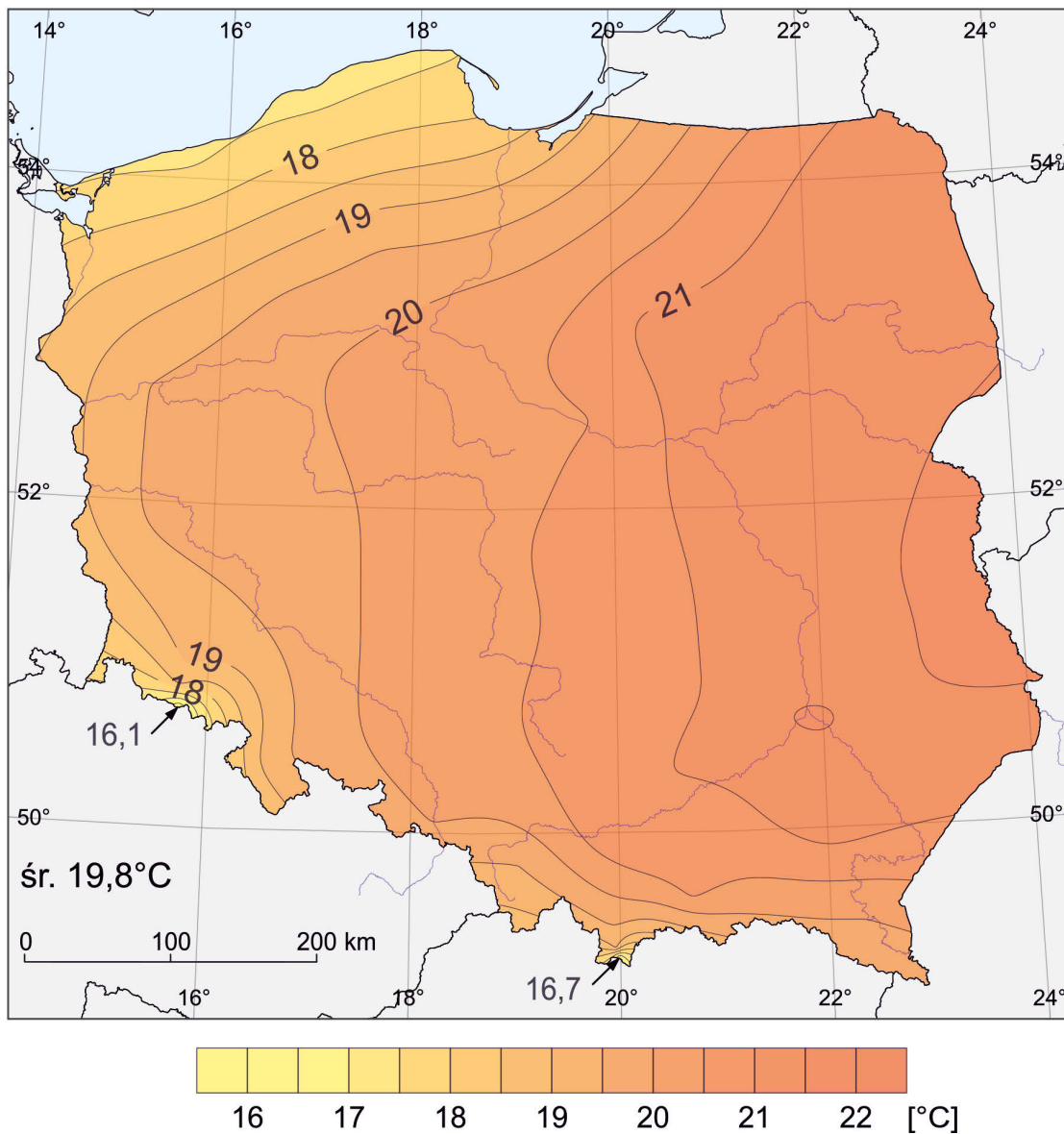
## Najwyższa maksymalna temperatura powietrza z datą wystąpienia



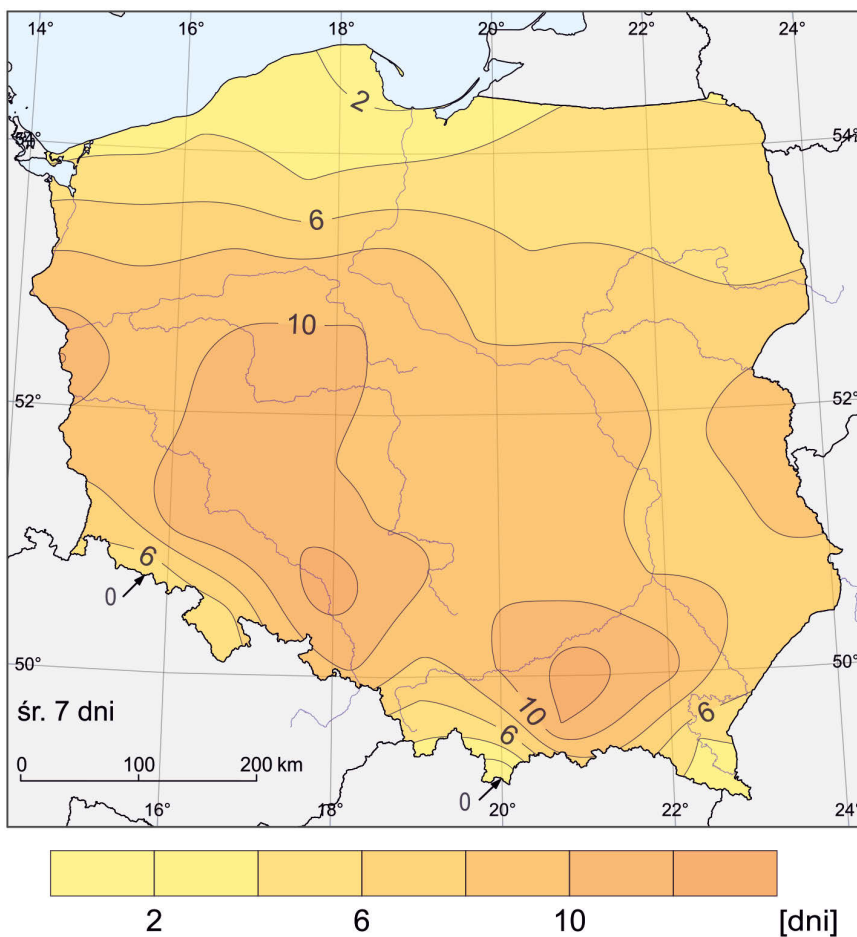
## Najniższa minimalna temperatura powietrza z datą wystąpienia



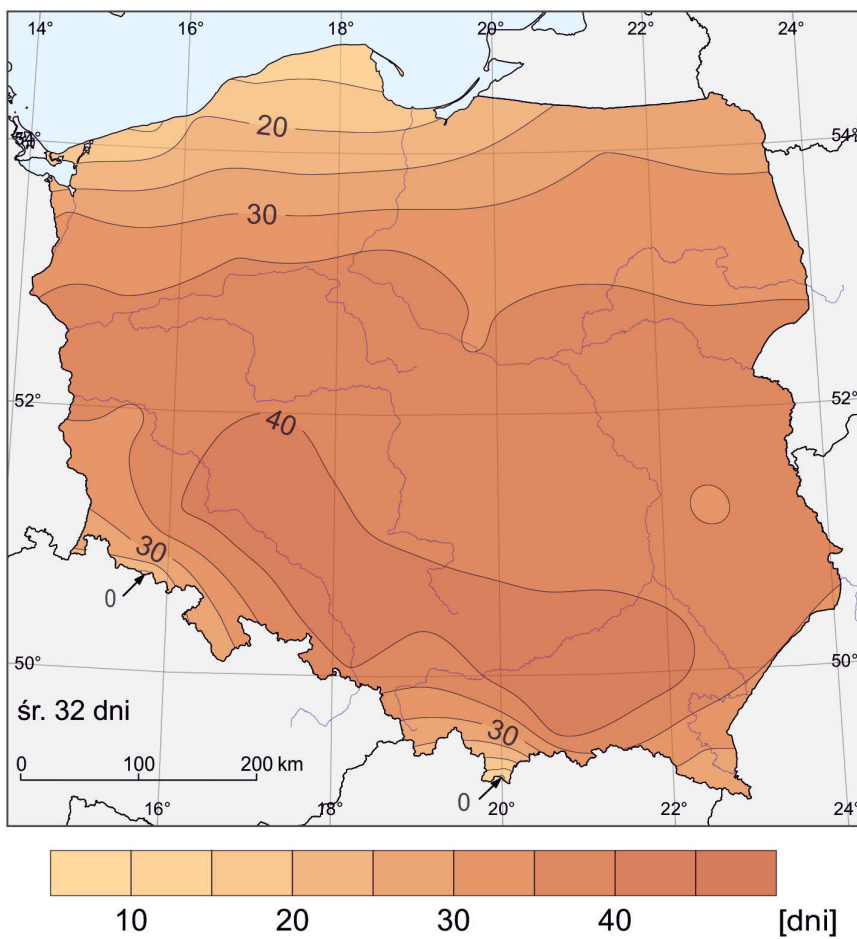
# Amplituda roczna temperatury powietrza



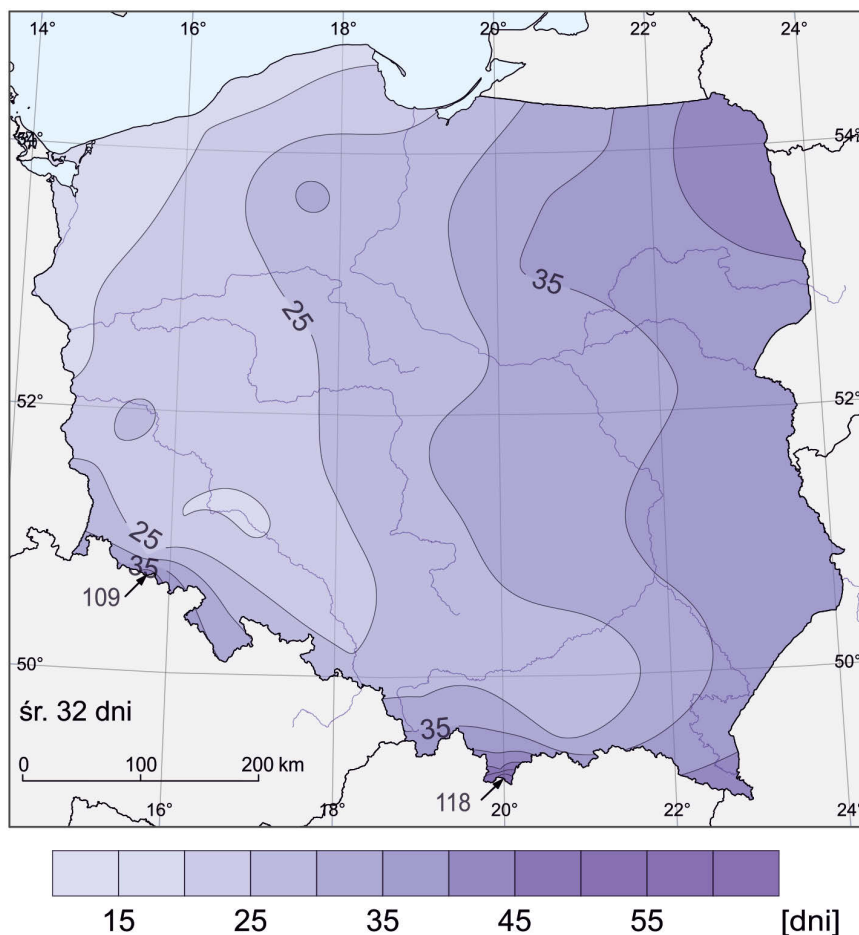
### Średnia roczna liczba dni upalnych (Tmax od 30,1°C)



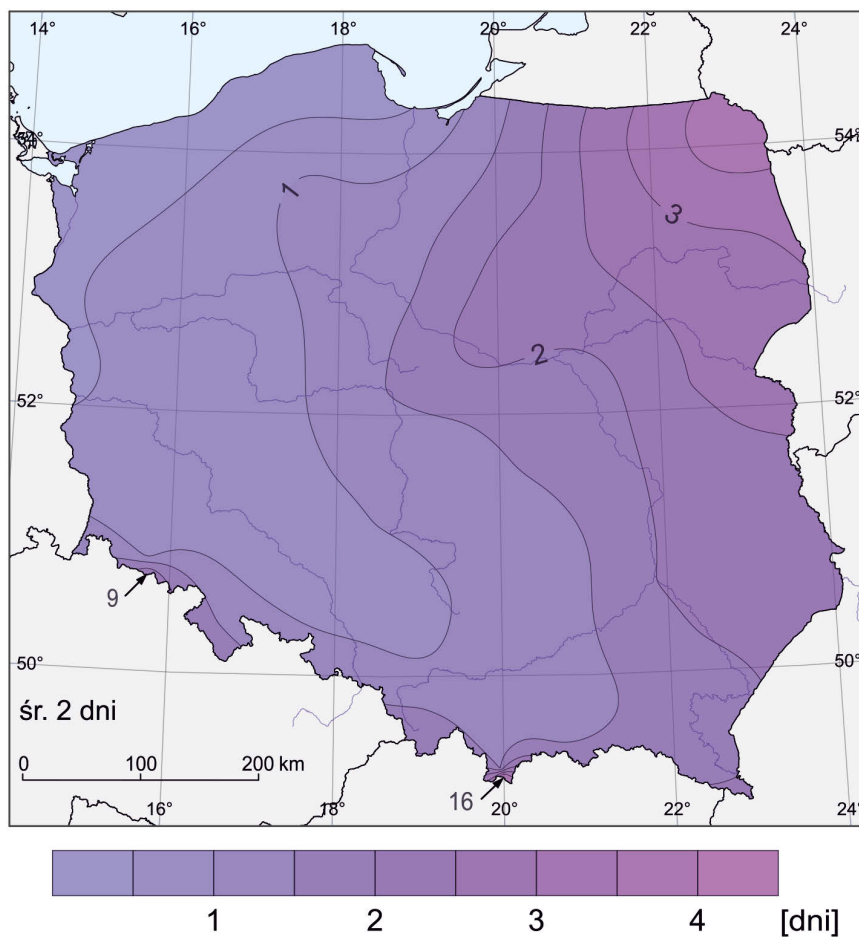
### Średnia roczna liczba dni gorących (Tmax od 25,1°C do 30,0°C)



### Średnia roczna liczba dni mroźnych ( $T_{max}$ od $-0,1^{\circ}\text{C}$ do $-10,0^{\circ}\text{C}$ )

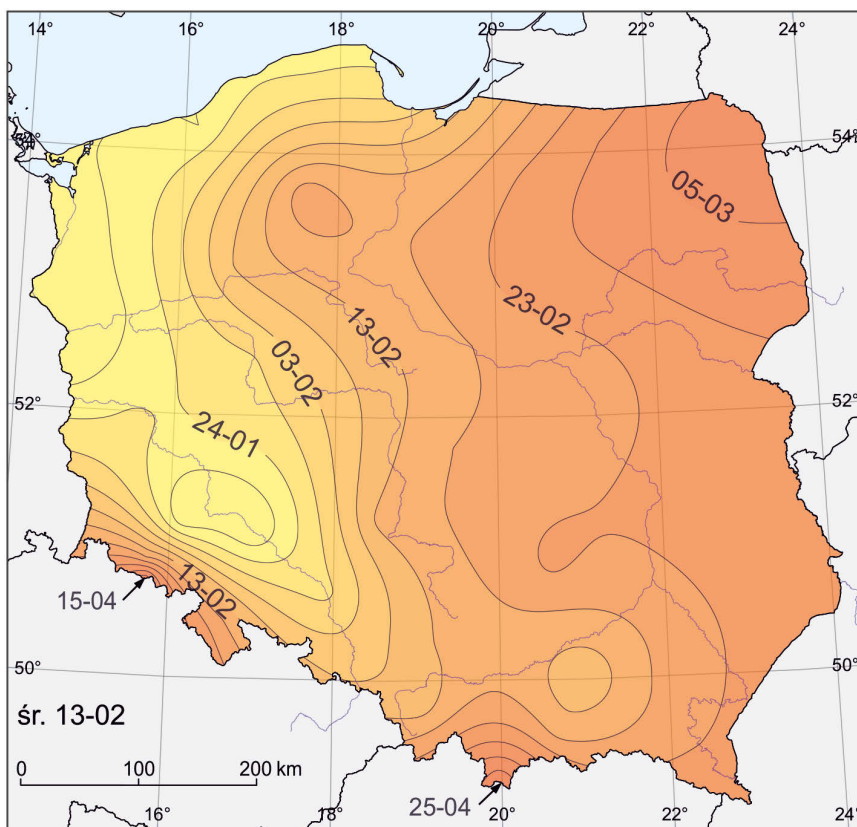


### Średnia roczna liczba dni bardzo mroźnych ( $T_{max}$ do $-10,1^{\circ}\text{C}$ )

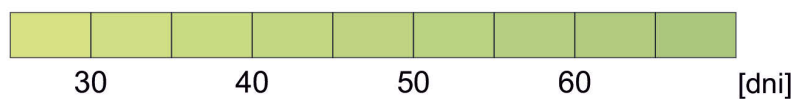
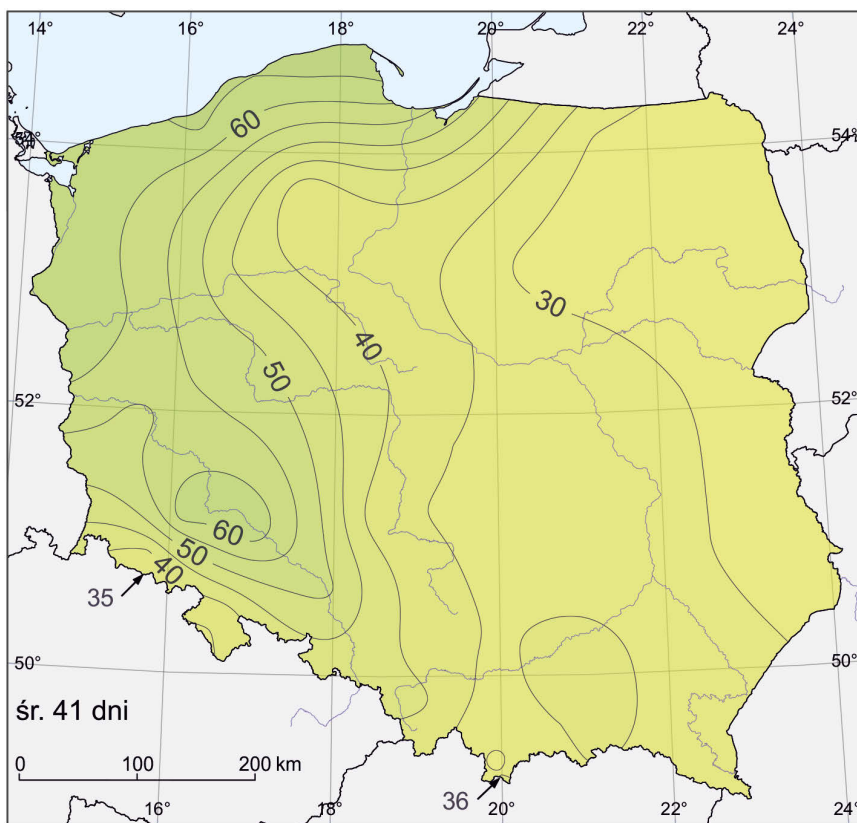




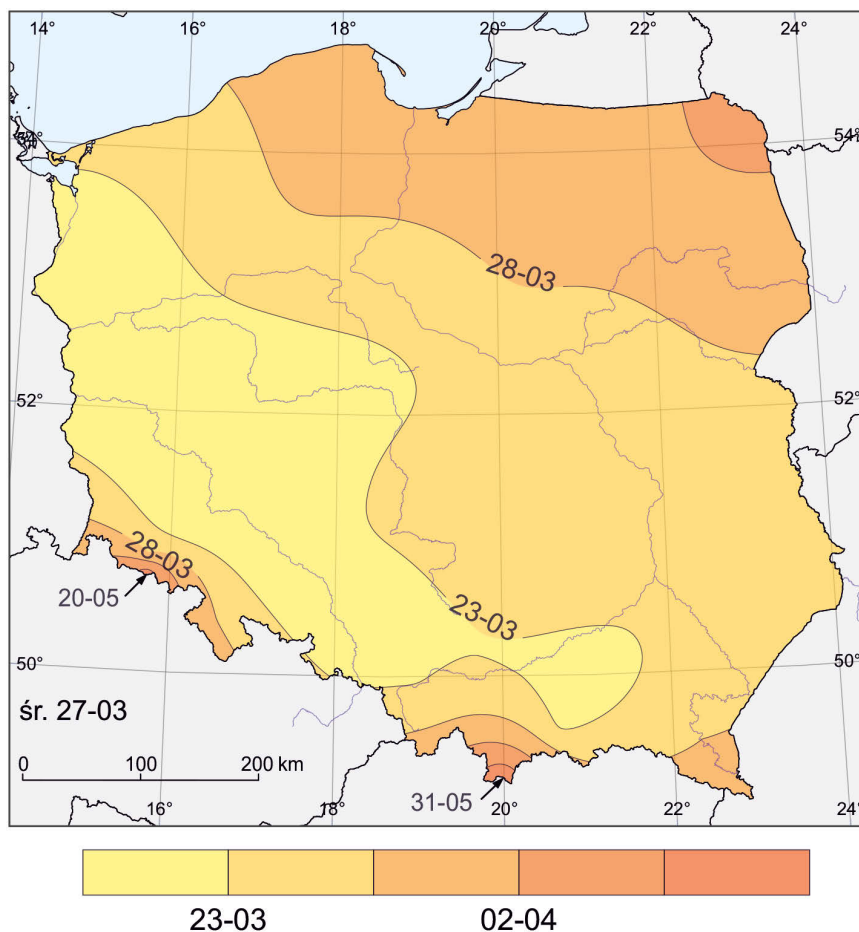
## Średnia data początku przedwiośnia



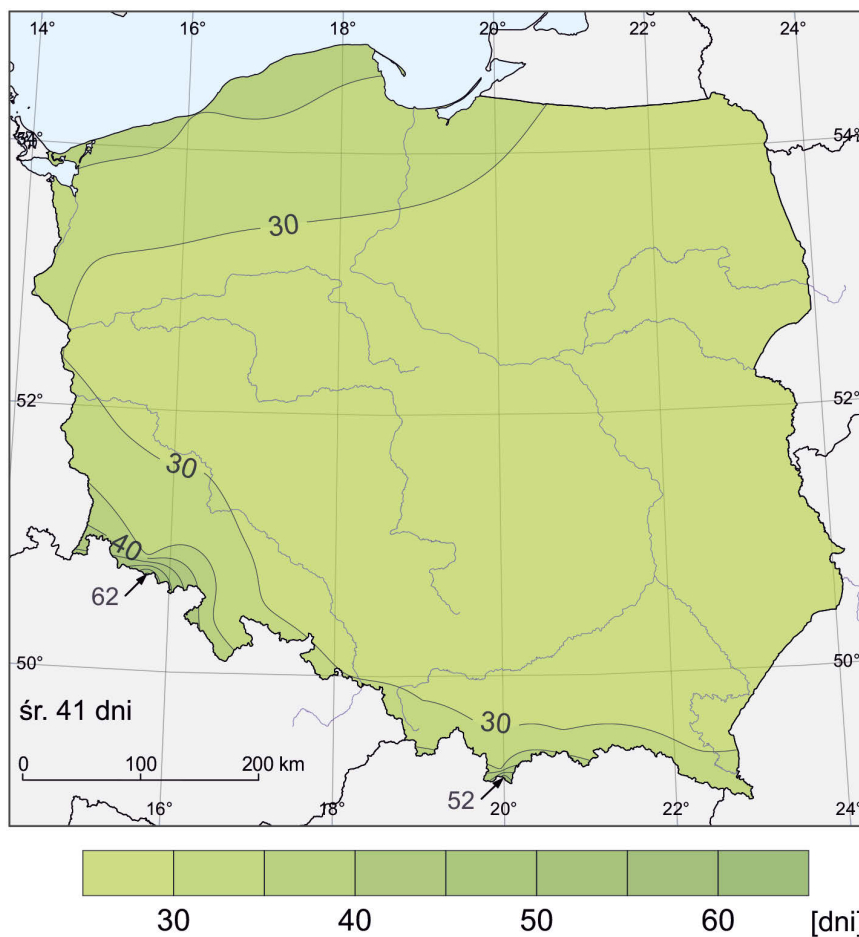
## Średni czas trwania przedwiośnia



## Średnia data początku wiosny

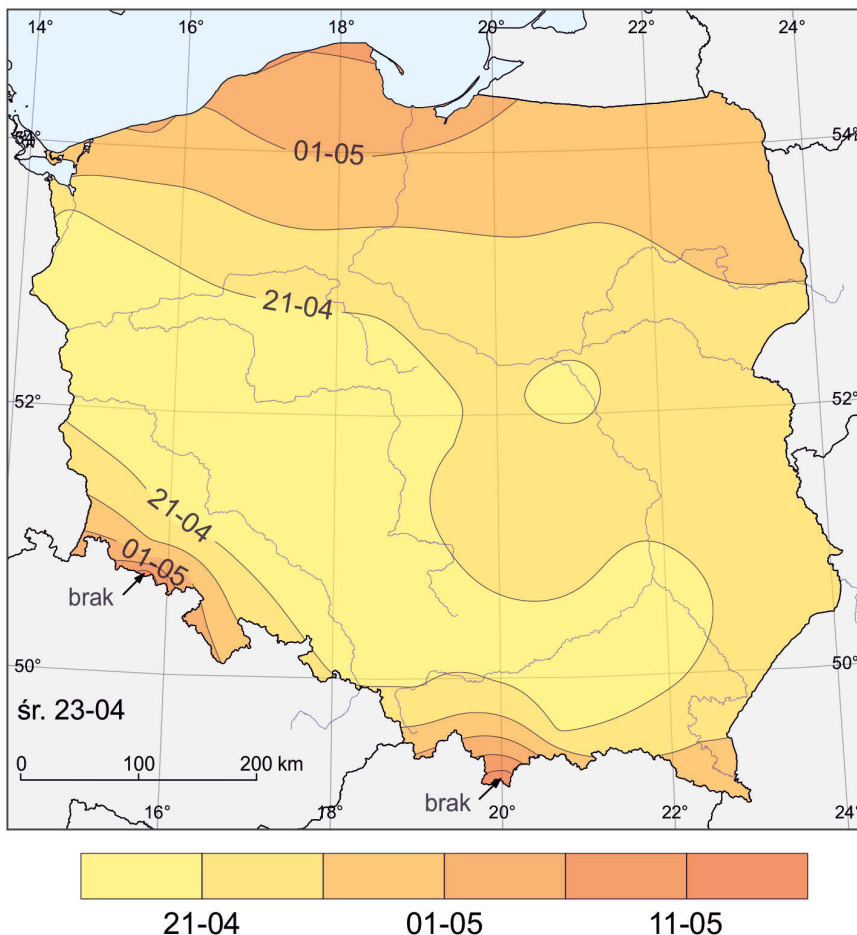


## Średni czas trwania wiosny





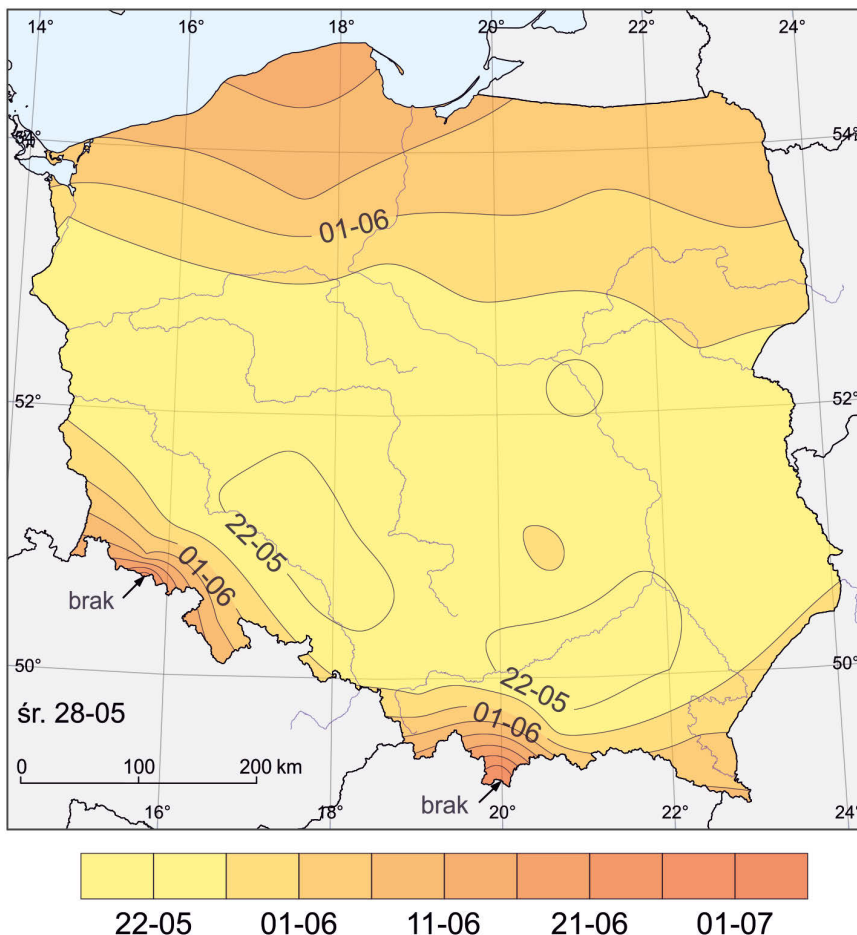
### Średnia data początku przedlecia



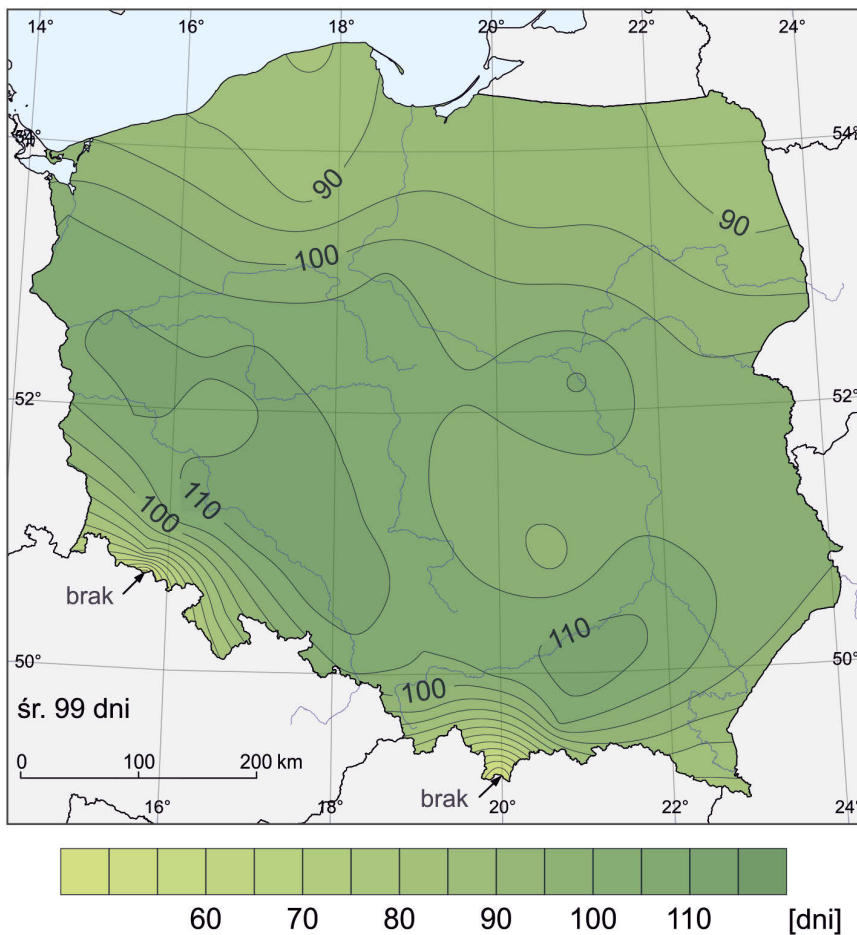
### Średni czas trwania przedlecia



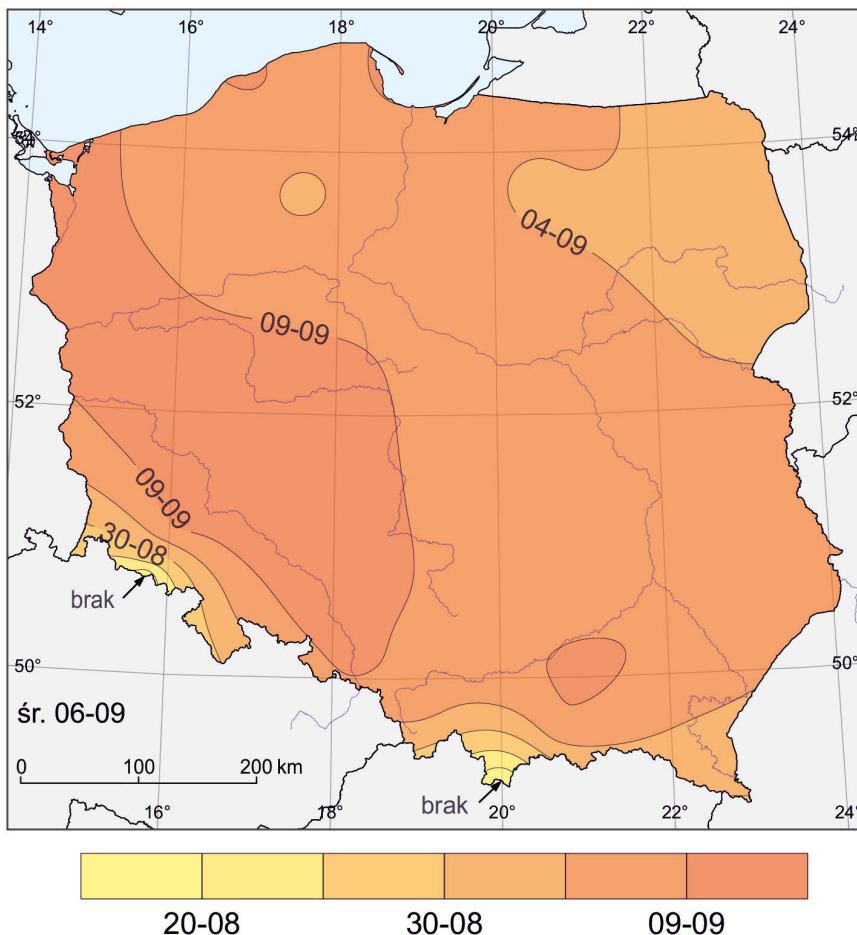
### Średnia data początku lata



### Średni czas trwania lata



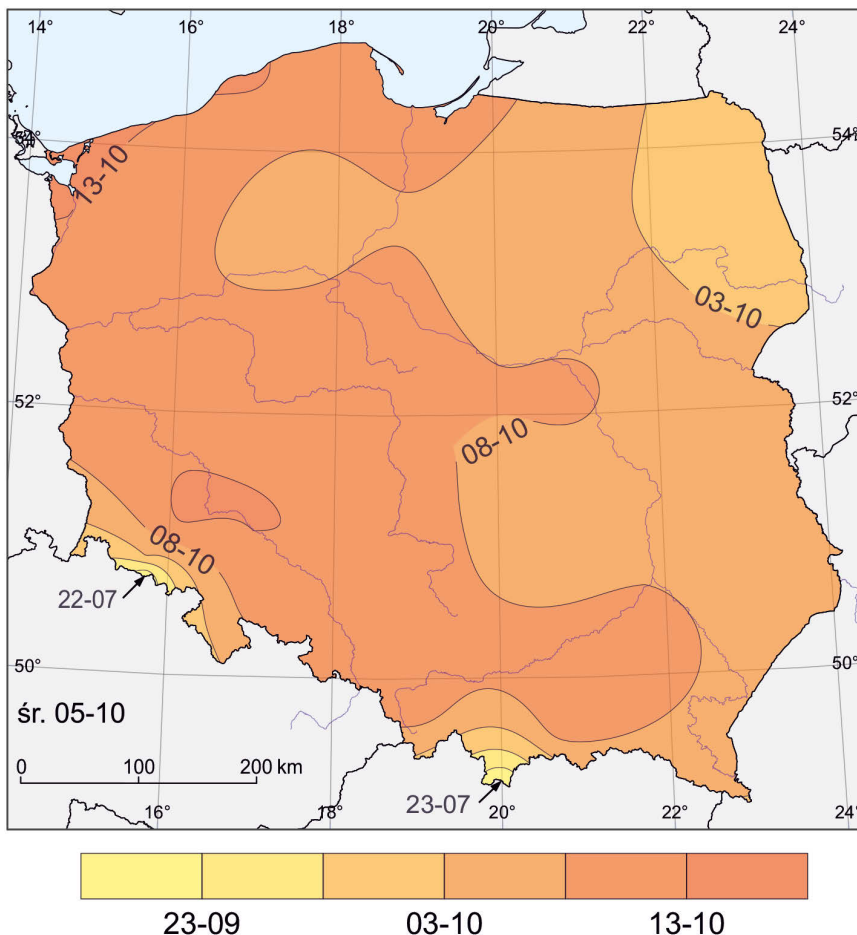
### Średnia data początku polecia



### Średni czas trwania polecia



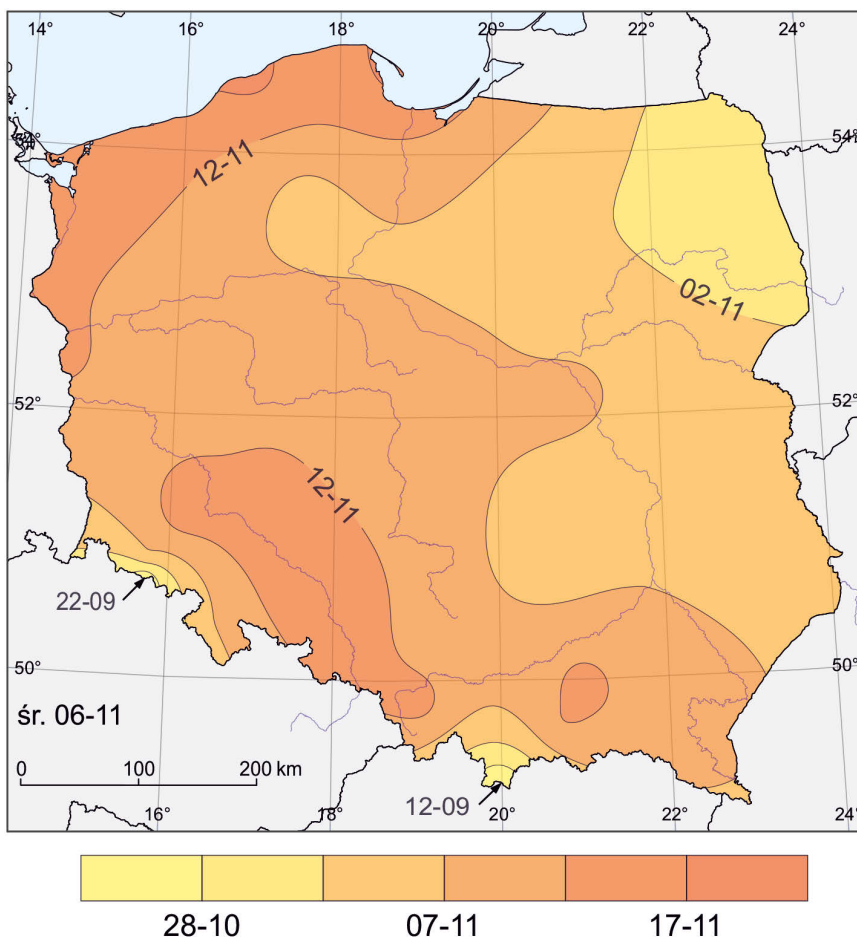
## Średnia data początku jesieni



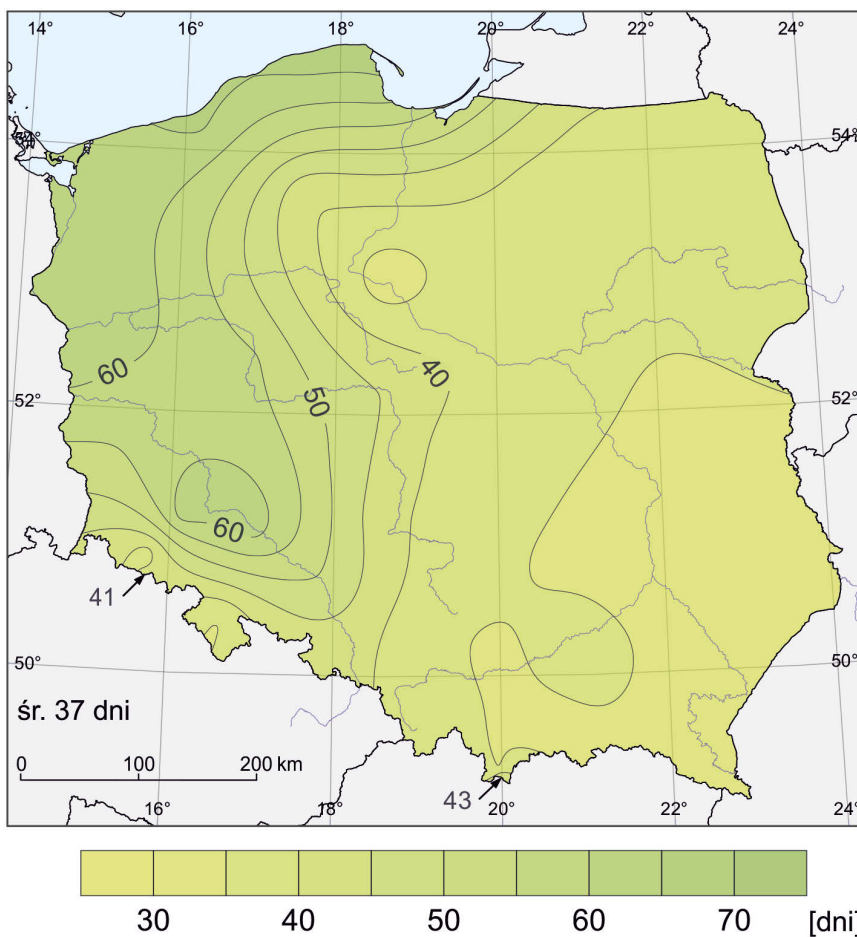
## Średni czas trwania jesieni



## Średnia data początku przedzimia

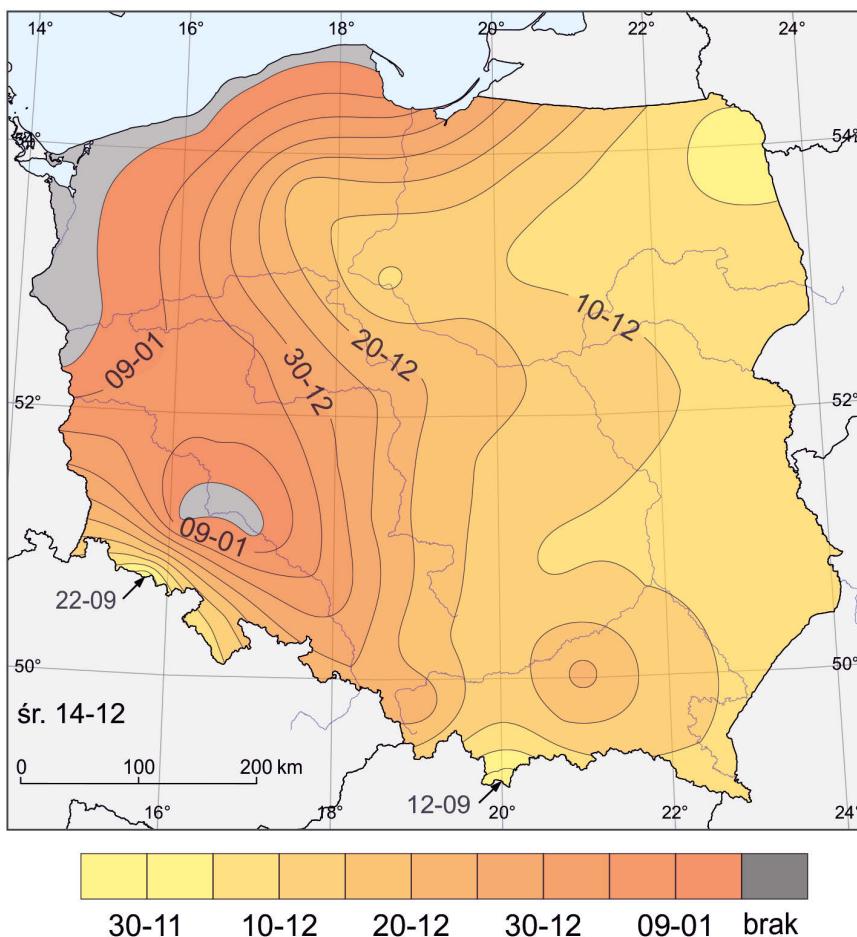


## Średni czas trwania przedzimia

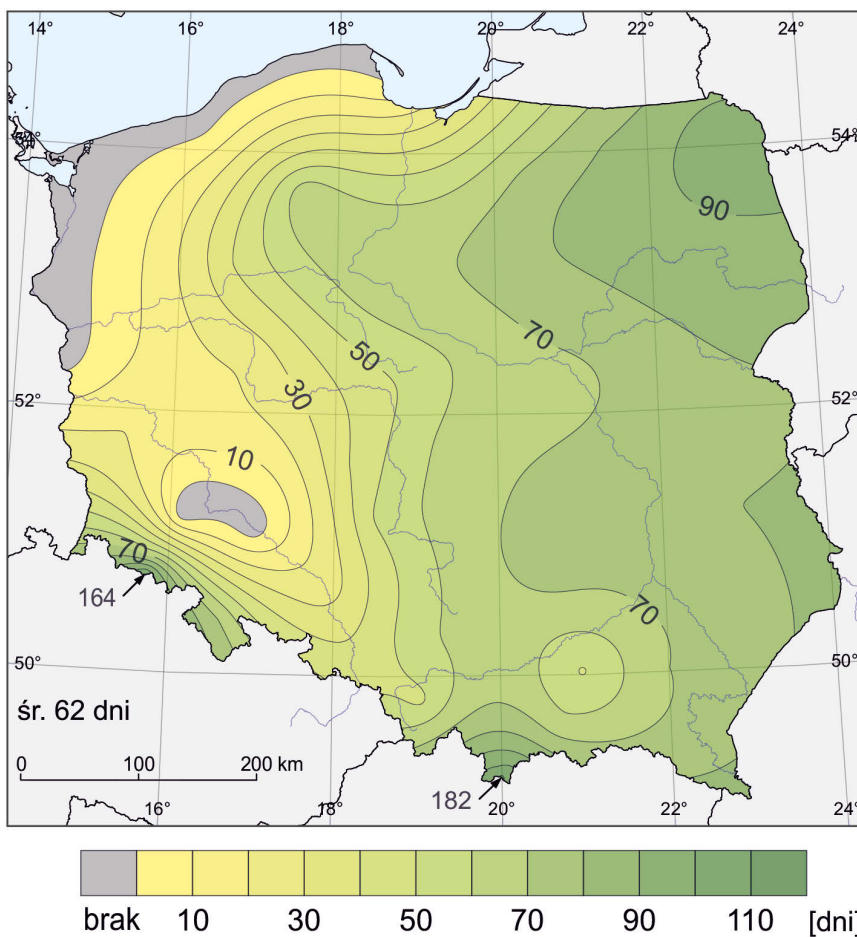




## Średnia data początku zimy

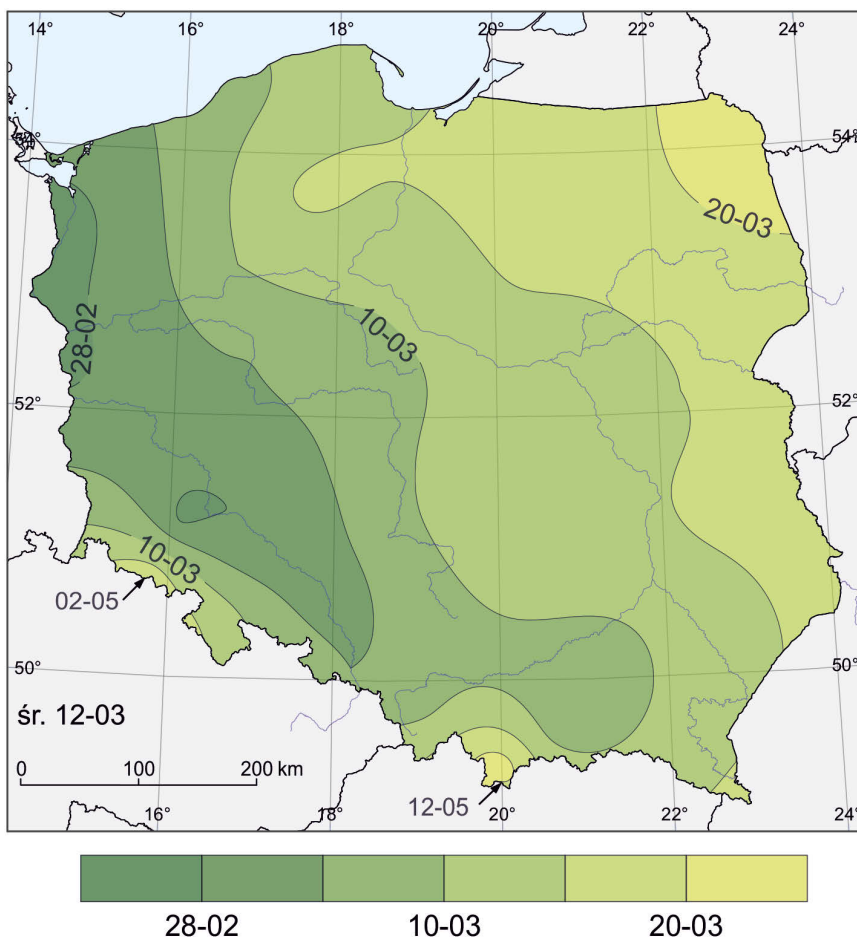


## Średni czas trwania zimy

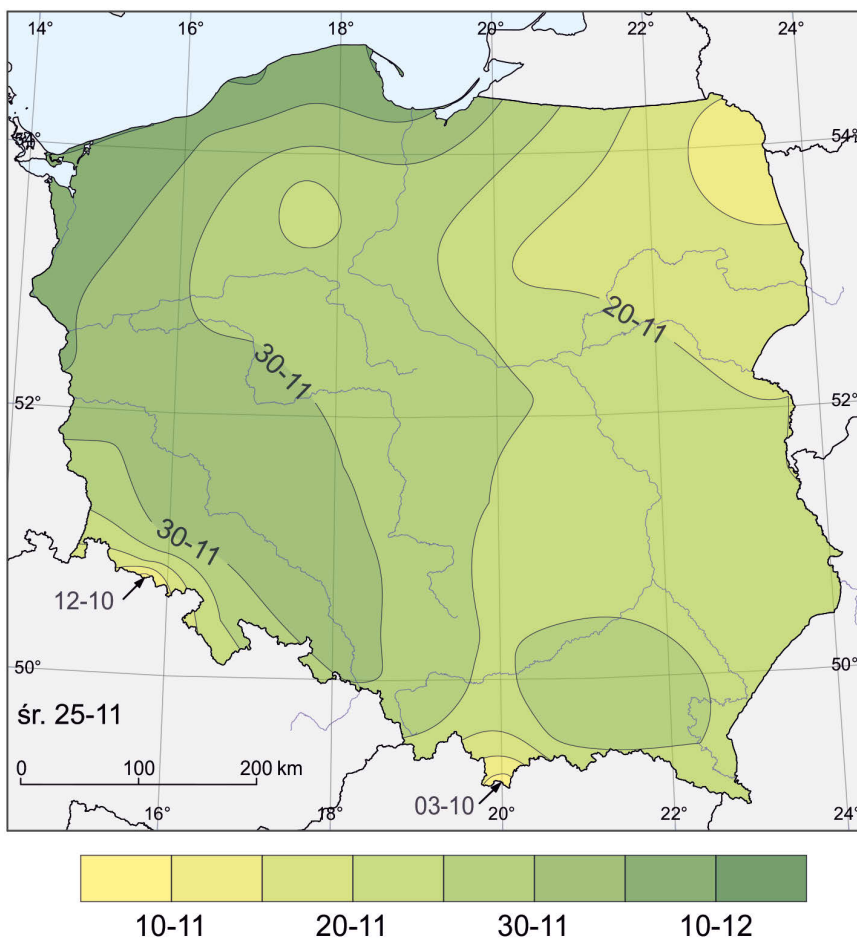




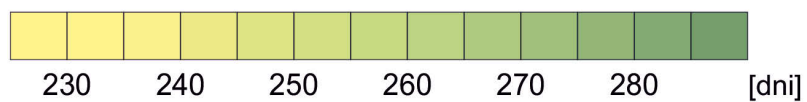
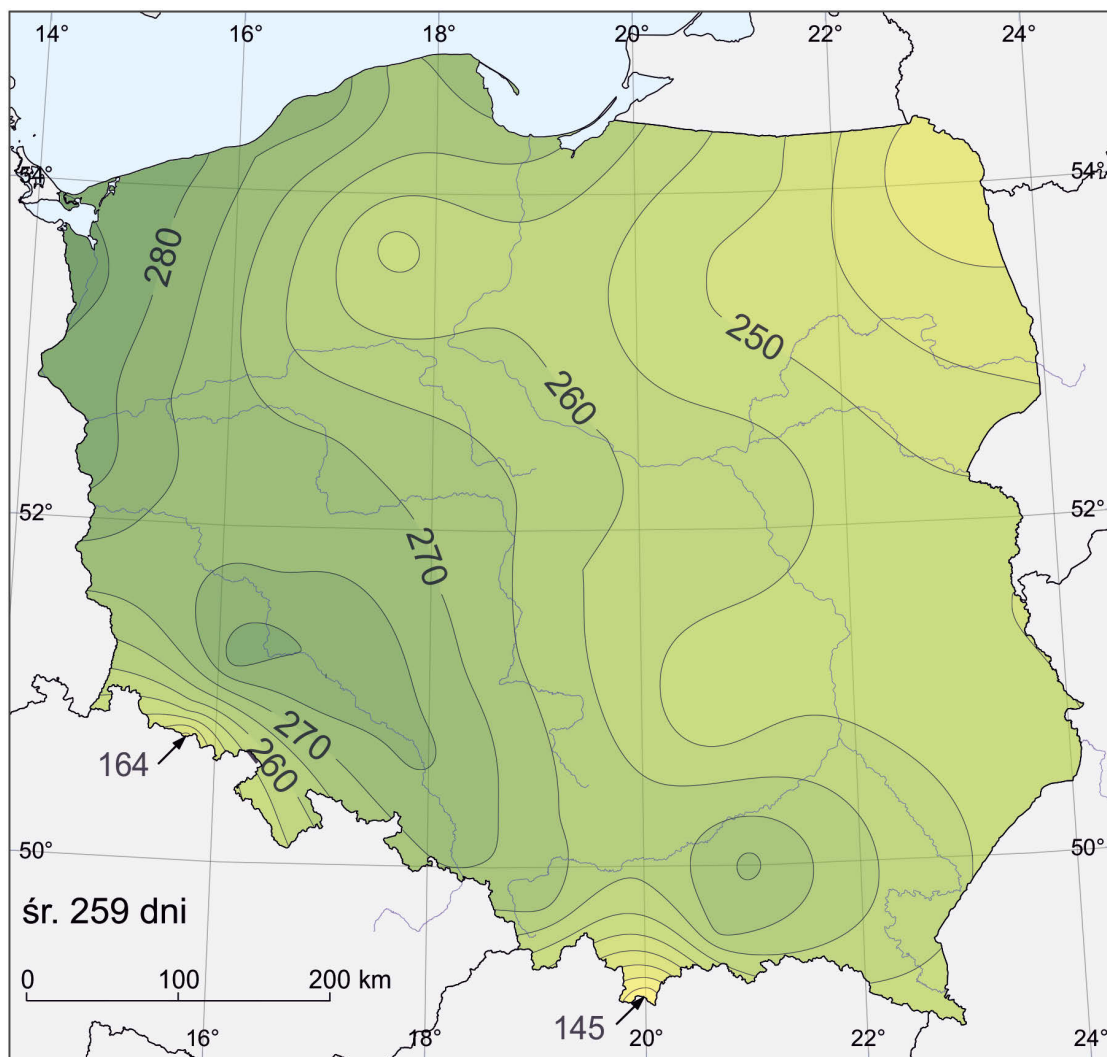
### Średnia data początku okresu gospodarczego



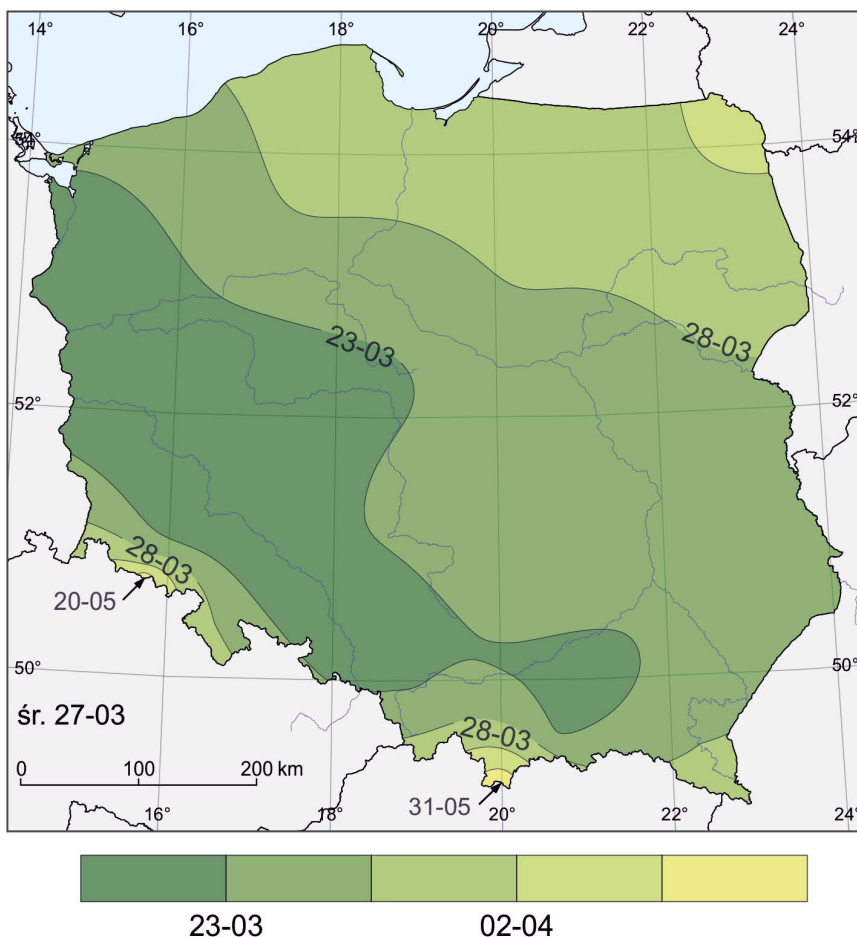
### Średnia data końca okresu gospodarczego



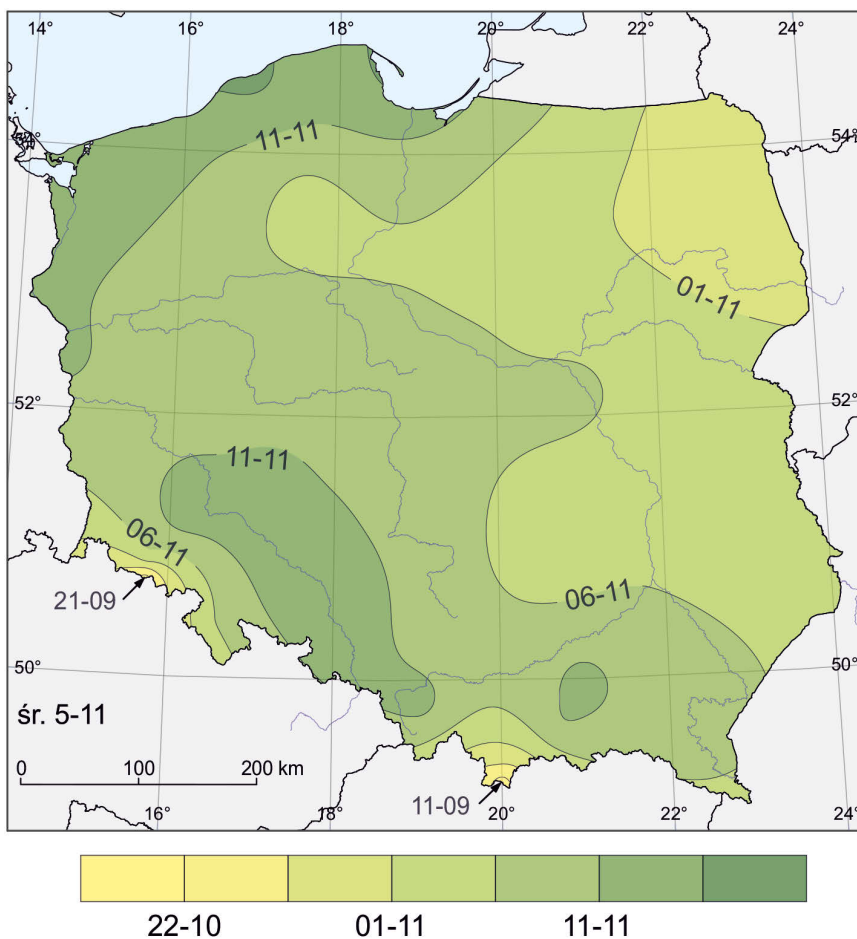
# Średni czas trwania okresu gospodarczego



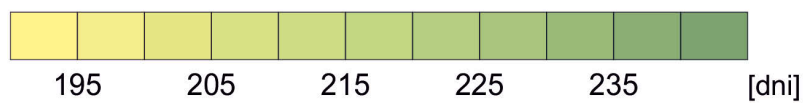
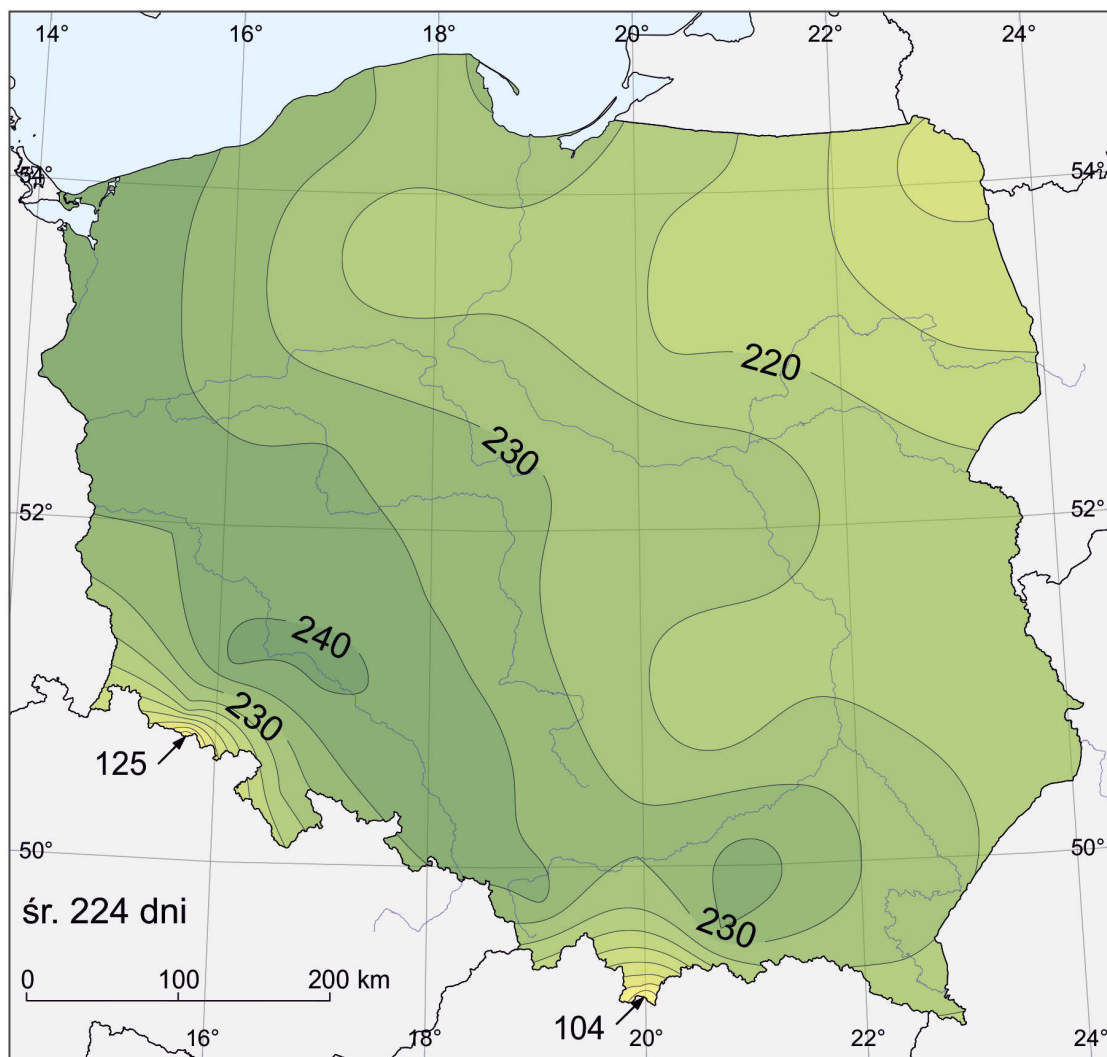
## Średnia data początku okresu wegetacyjnego



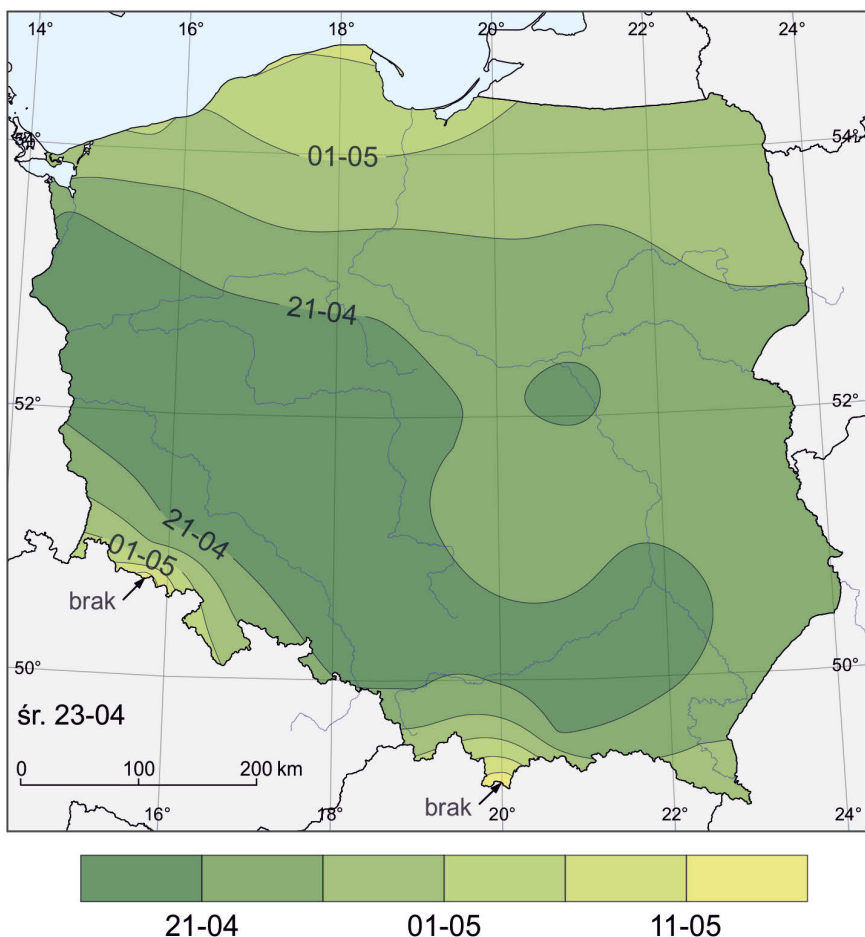
## Średnia data końca okresu wegetacyjnego



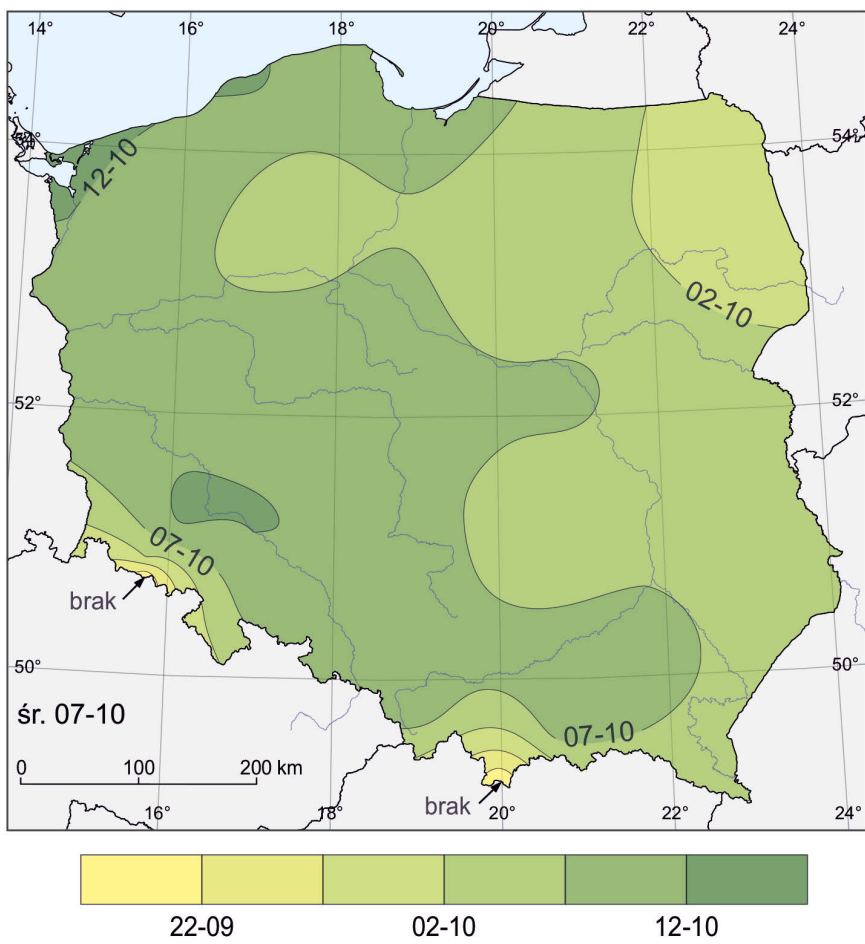
# Średni czas trwania okresu wegetacyjnego



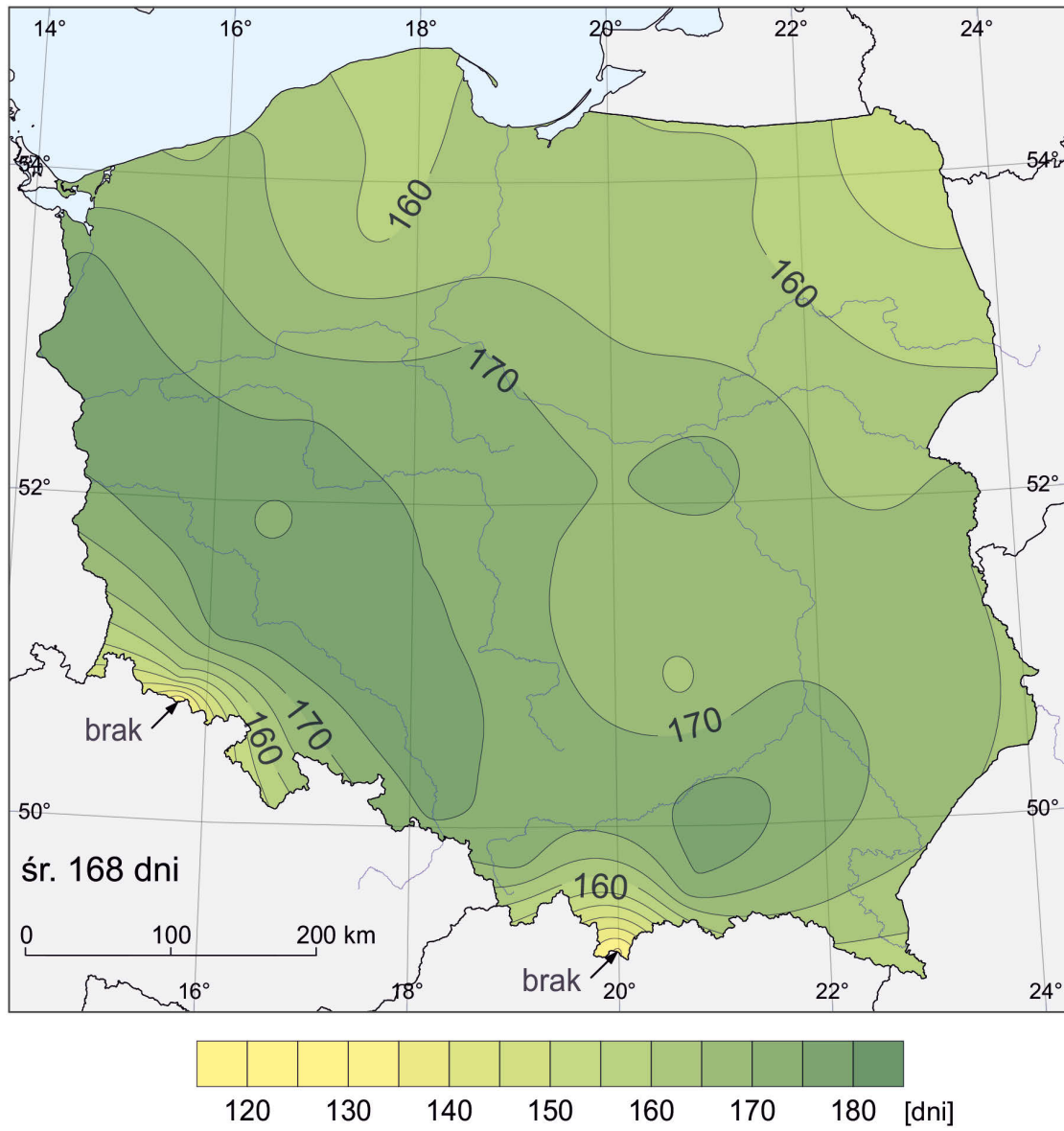
### Średnia data początku okresu intensywnej wegetacji



### Średnia data końca okresu intensywnej wegetacji

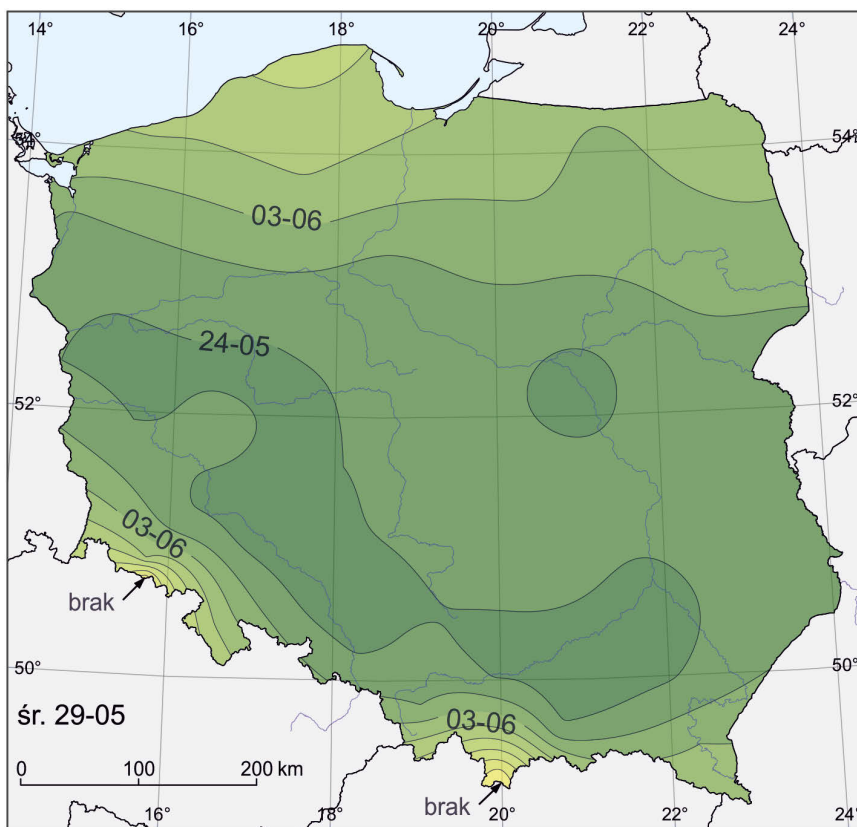


## Średni czas trwania okresu intensywnej wegetacji

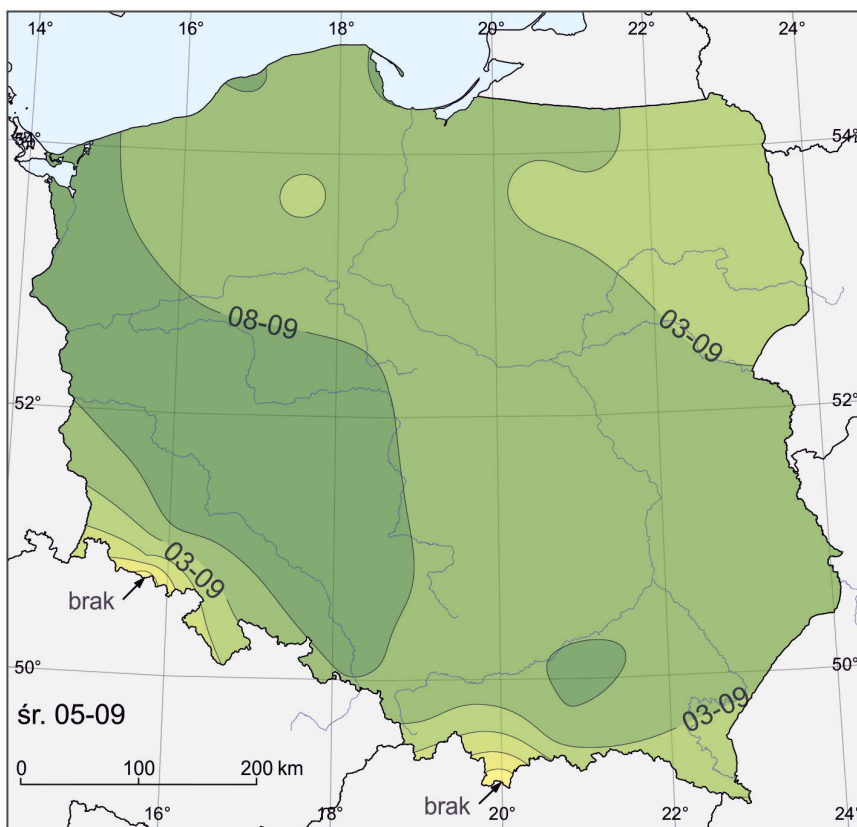




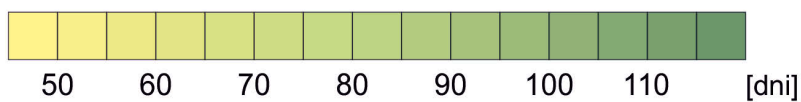
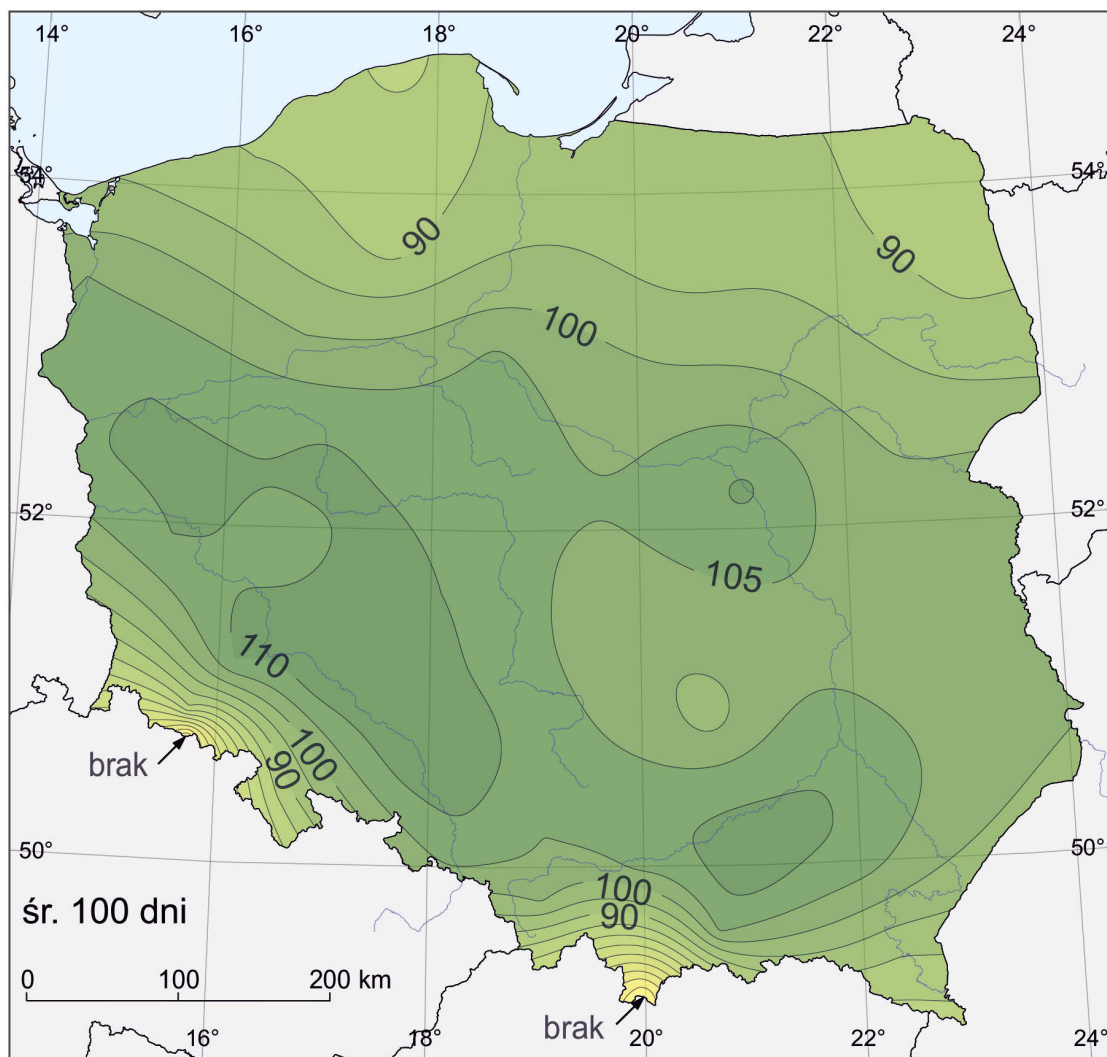
## Średnia data początku okresu dojrzewania



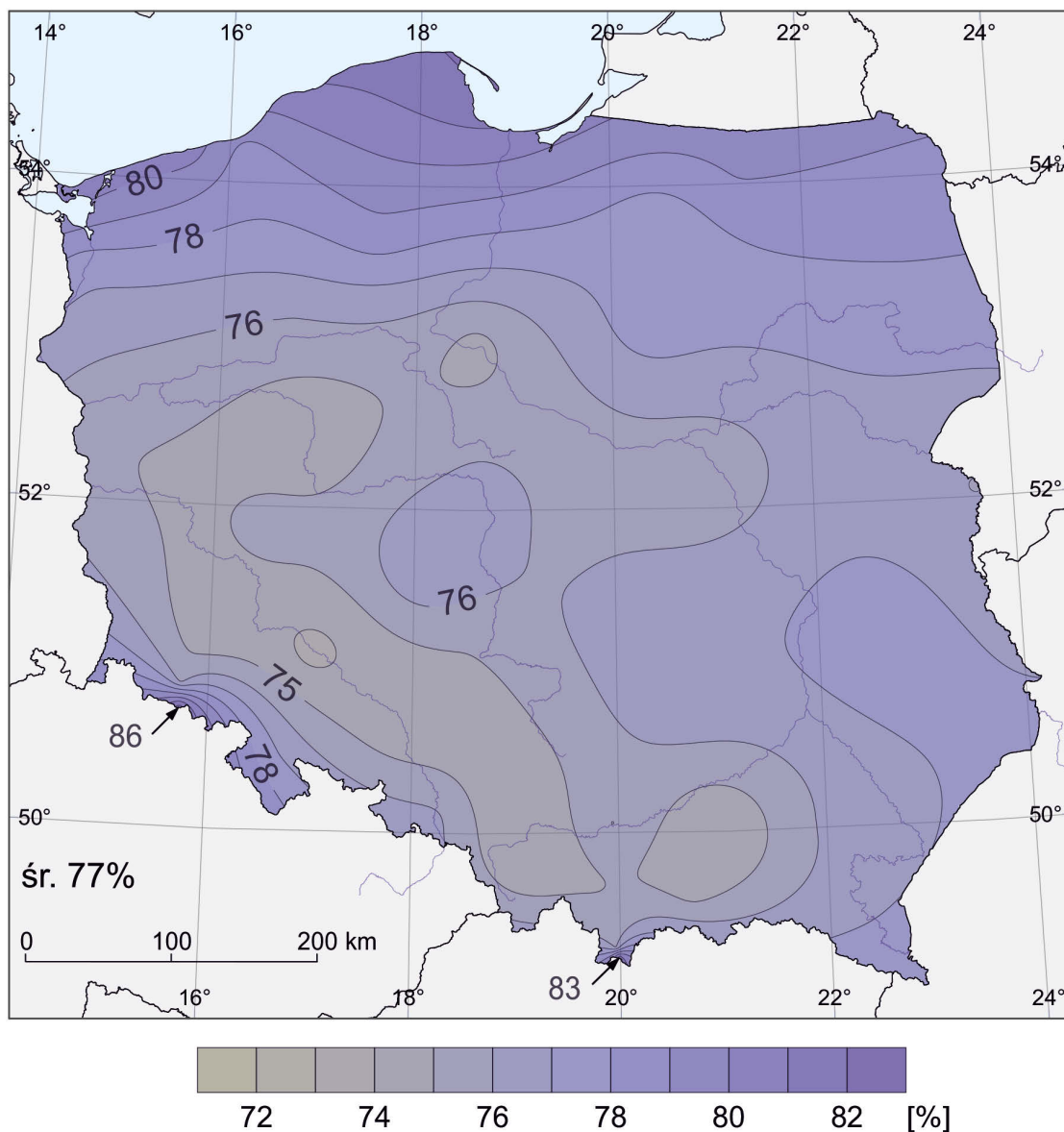
## Średnia data końca okresu dojrzewania



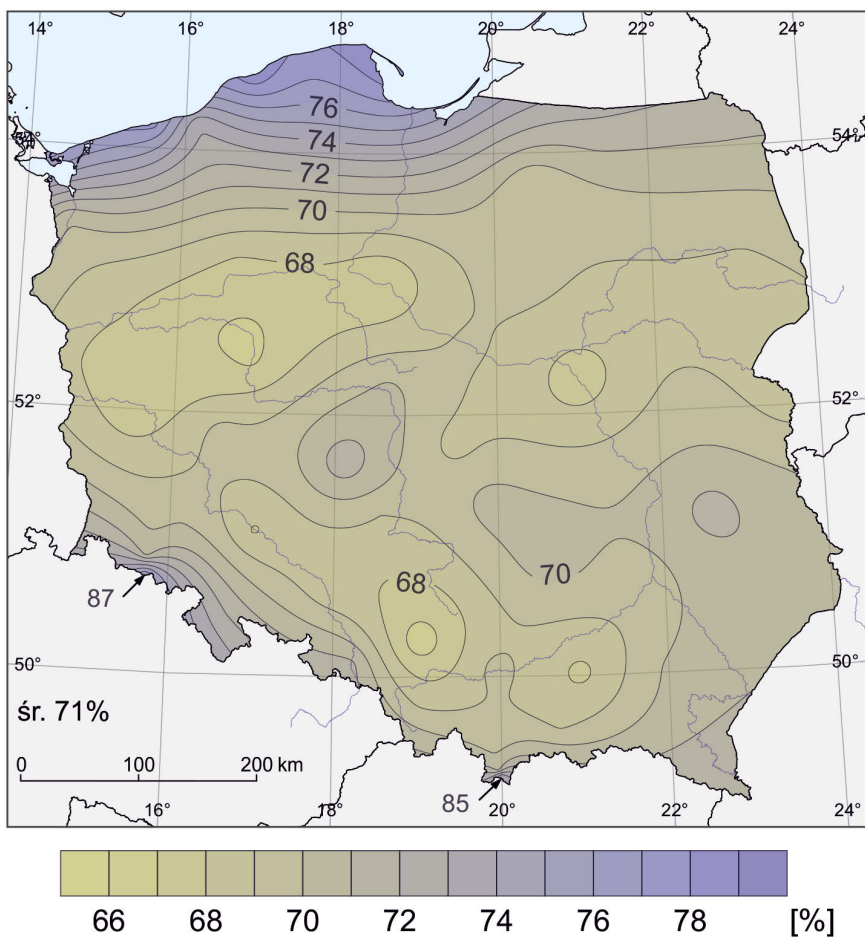
# Średni czas trwania okresu dojrzewania



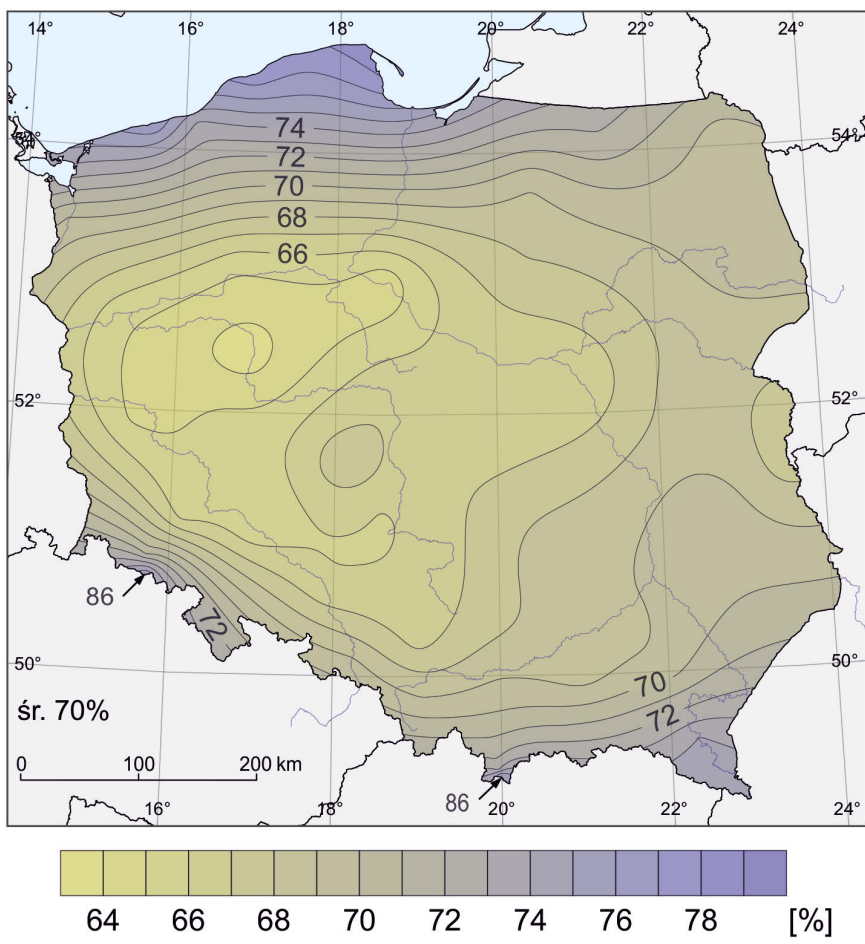
## Średnia roczna wilgotność względna powietrza



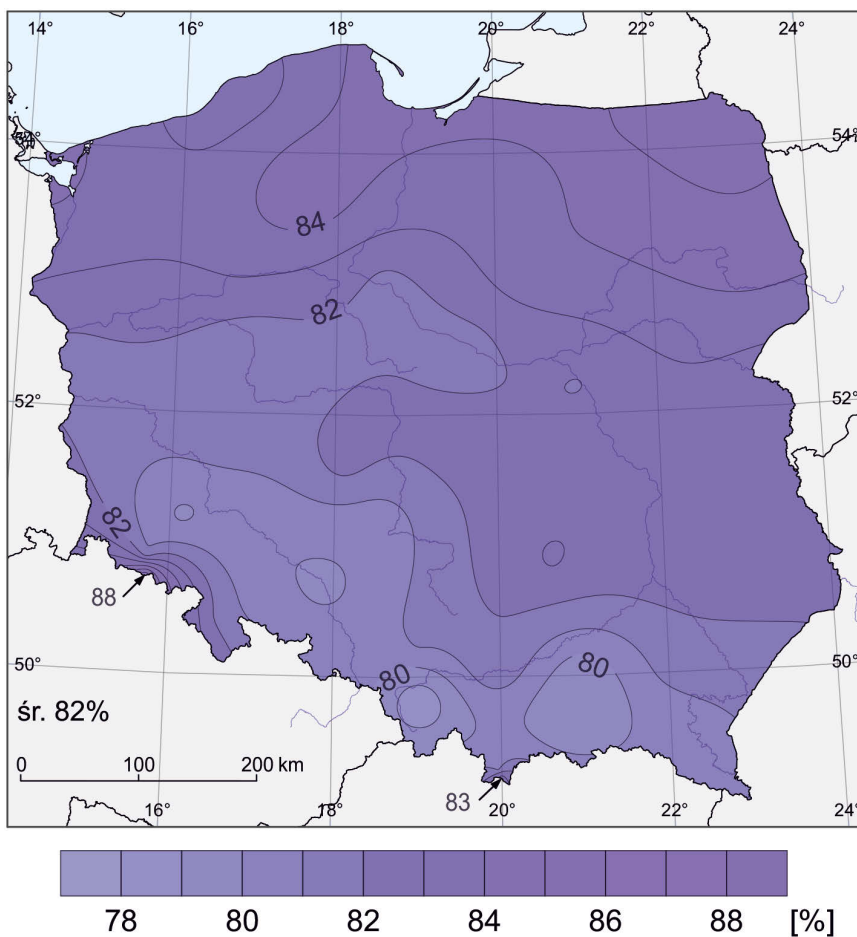
### Średnia wilgotność względna powietrza wiosną



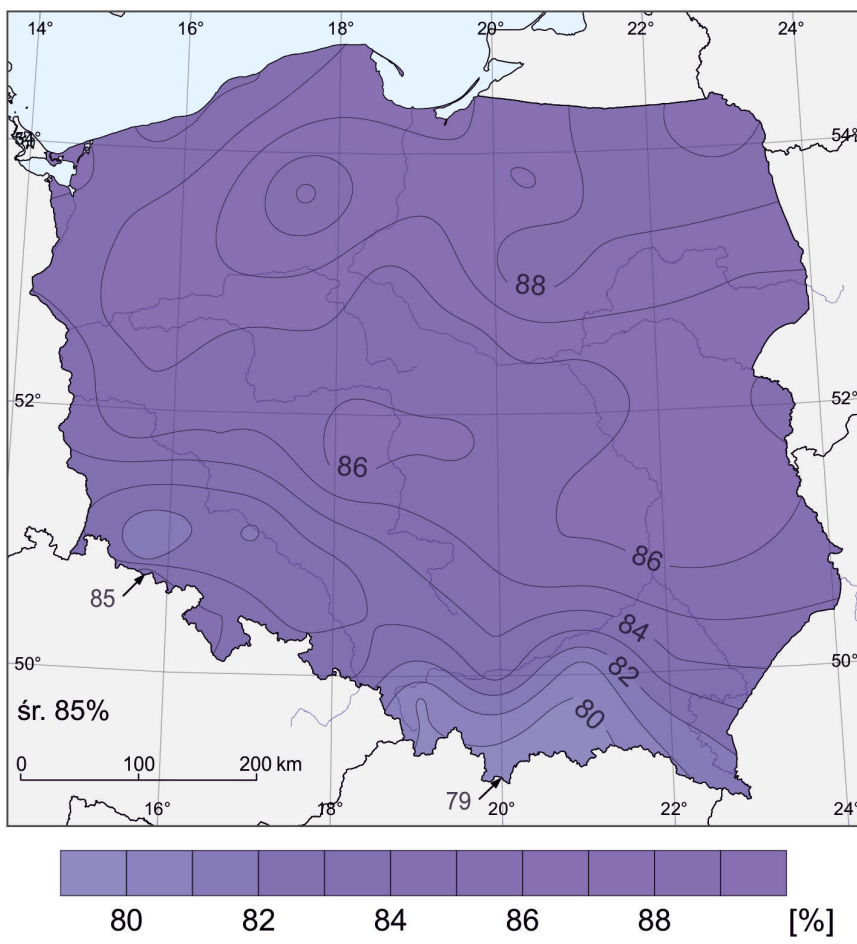
### Średnia wilgotność względna powietrza latem



### Średnia wilgotność względna powietrza jesienią

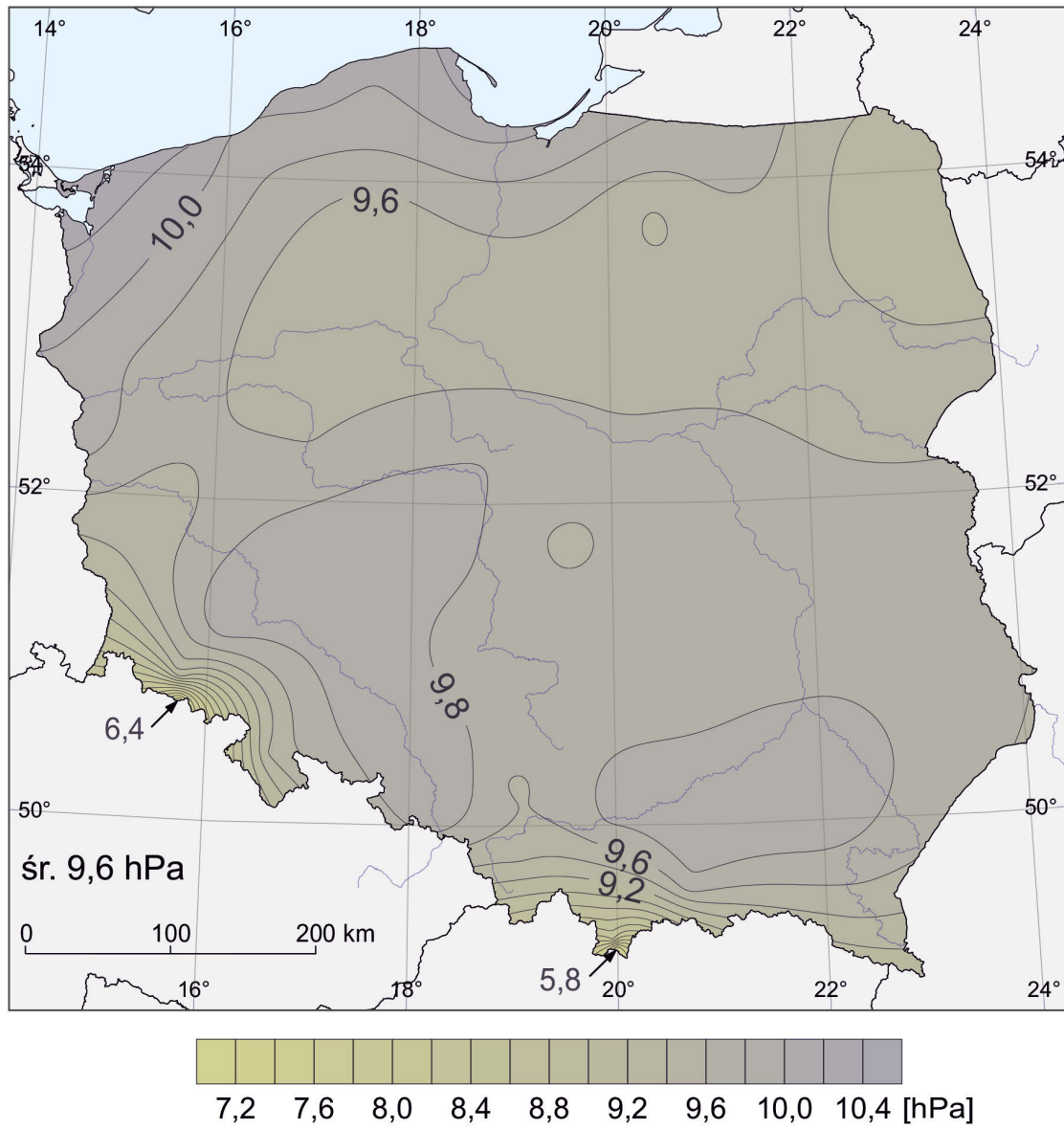


### Średnia wilgotność względna powietrza zimą

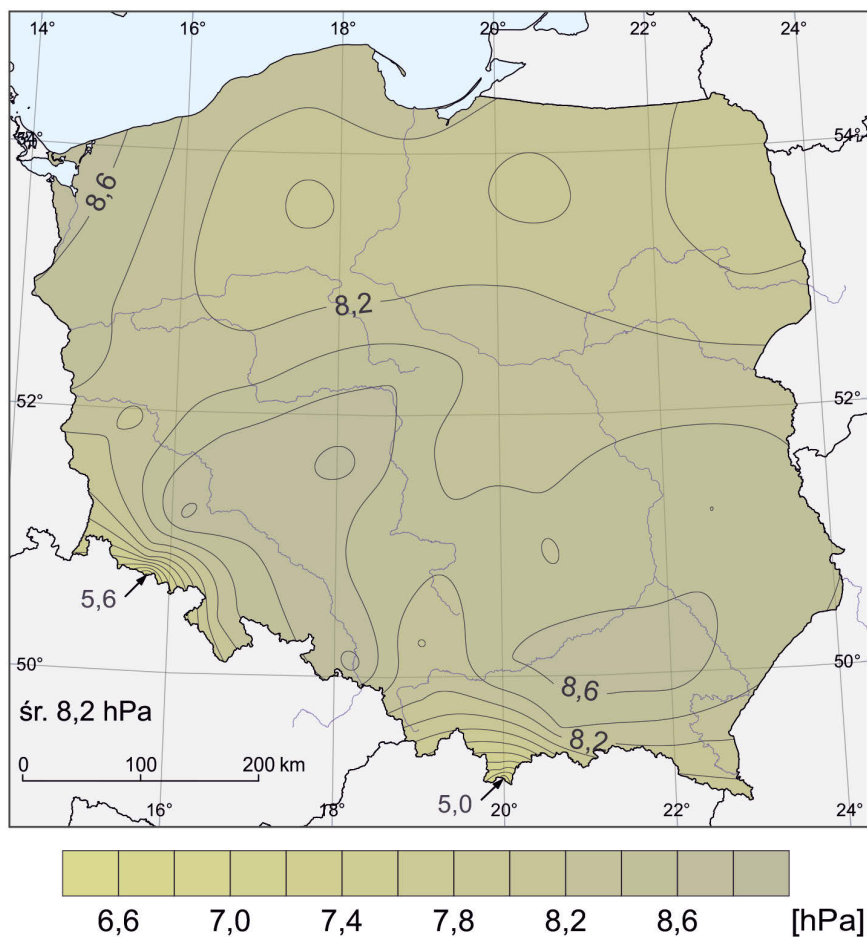




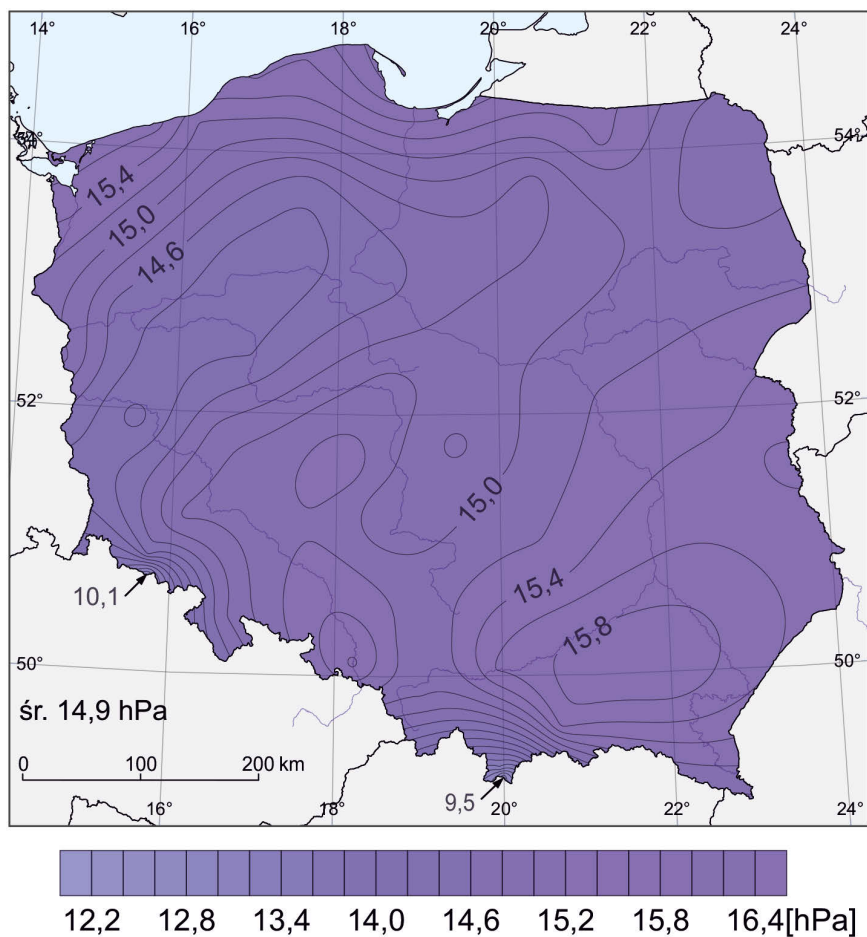
# Średnie roczne ciśnienie pary wodnej



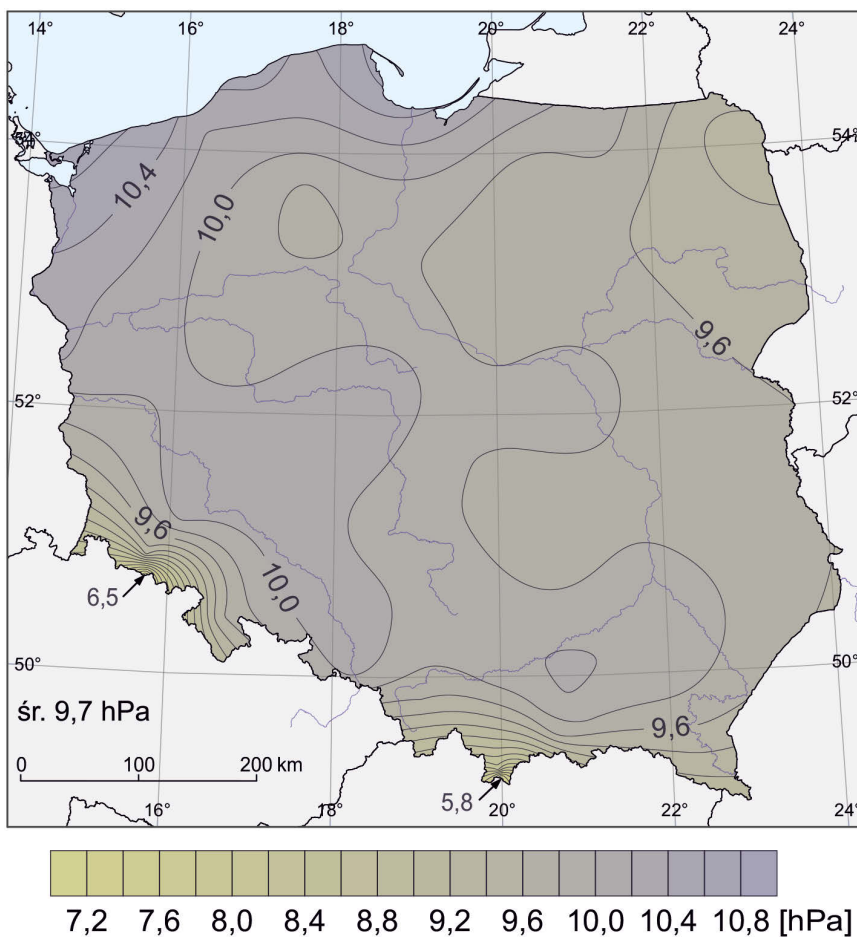
### Średnie ciśnienie pary wodnej wiosną



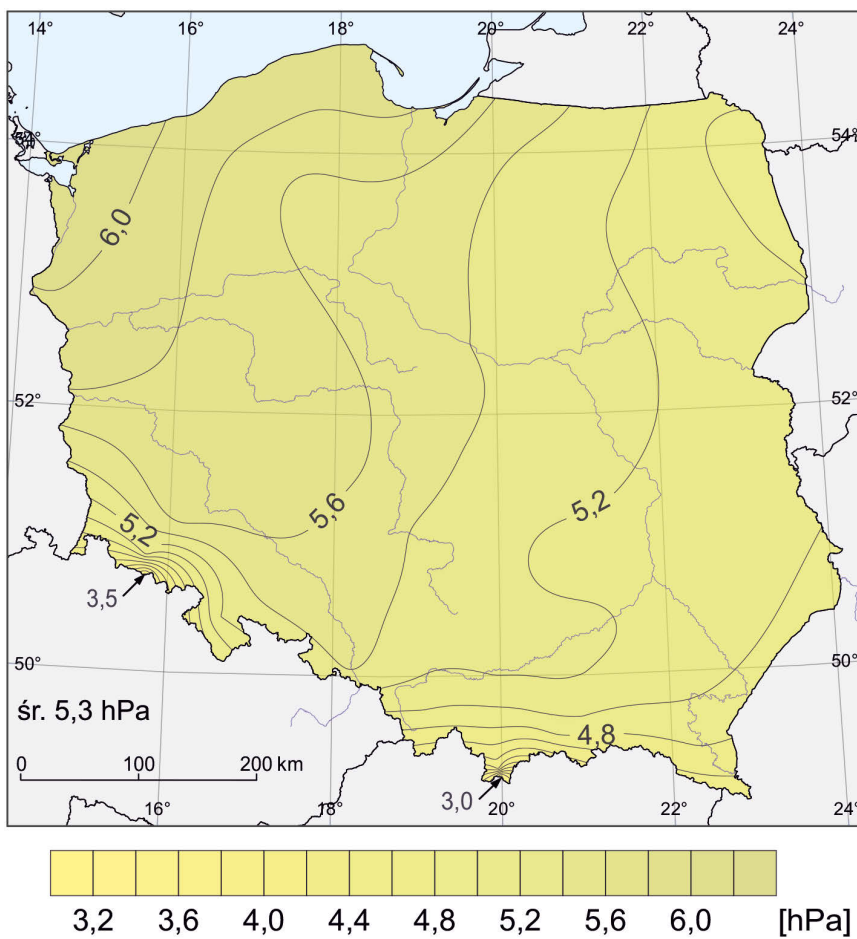
### Średnie ciśnienie pary wodnej latem



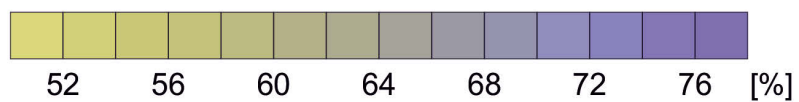
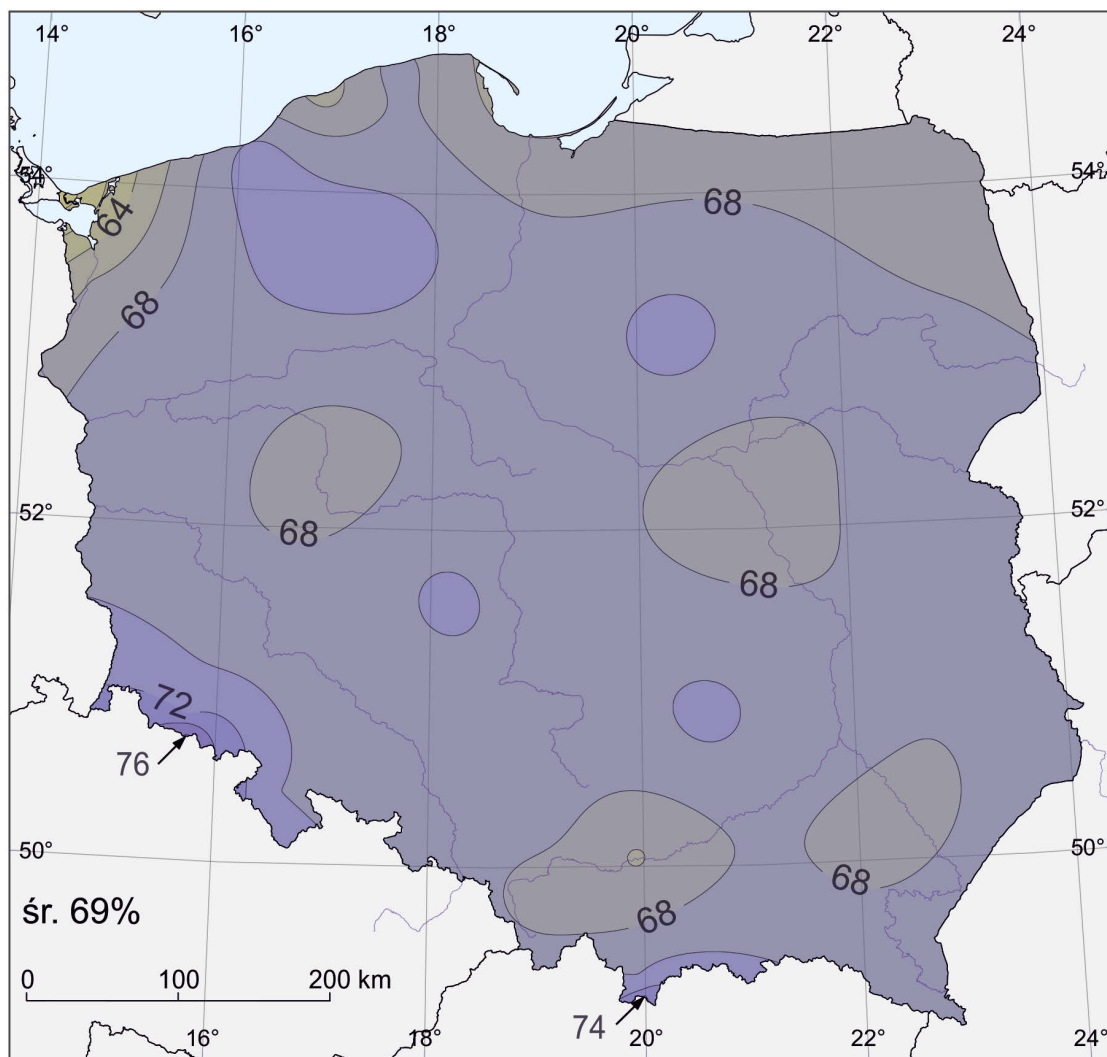
### Średnie ciśnienie pary wodnej jesienią



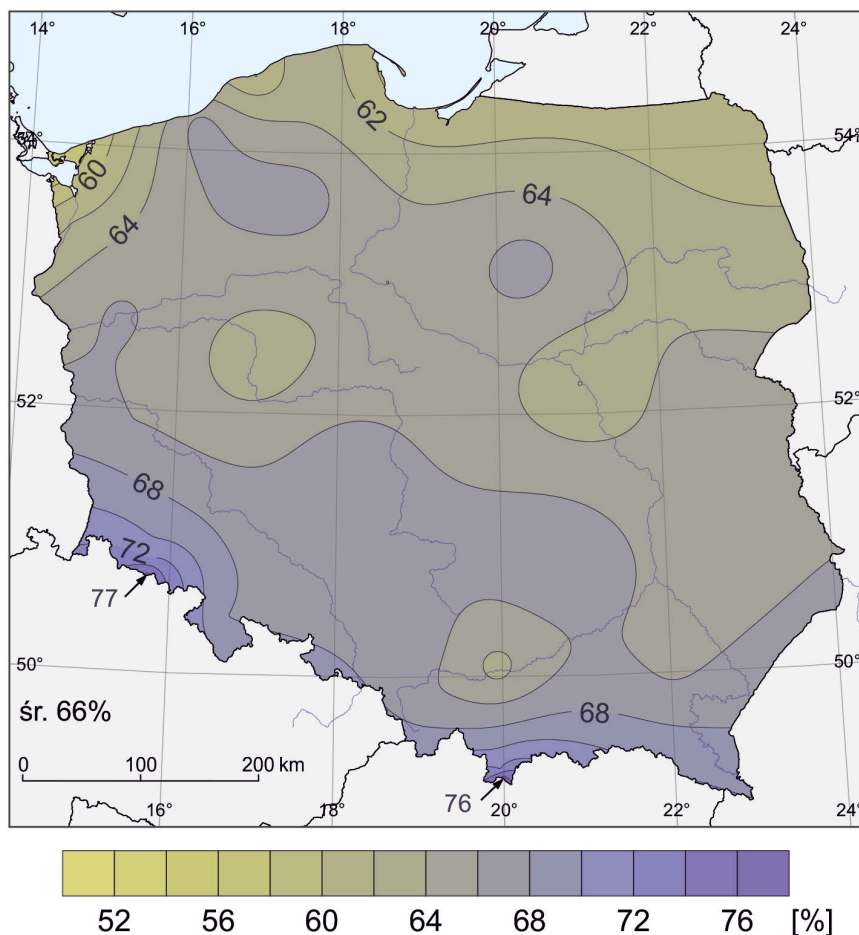
### Średnie ciśnienie pary wodnej zimą



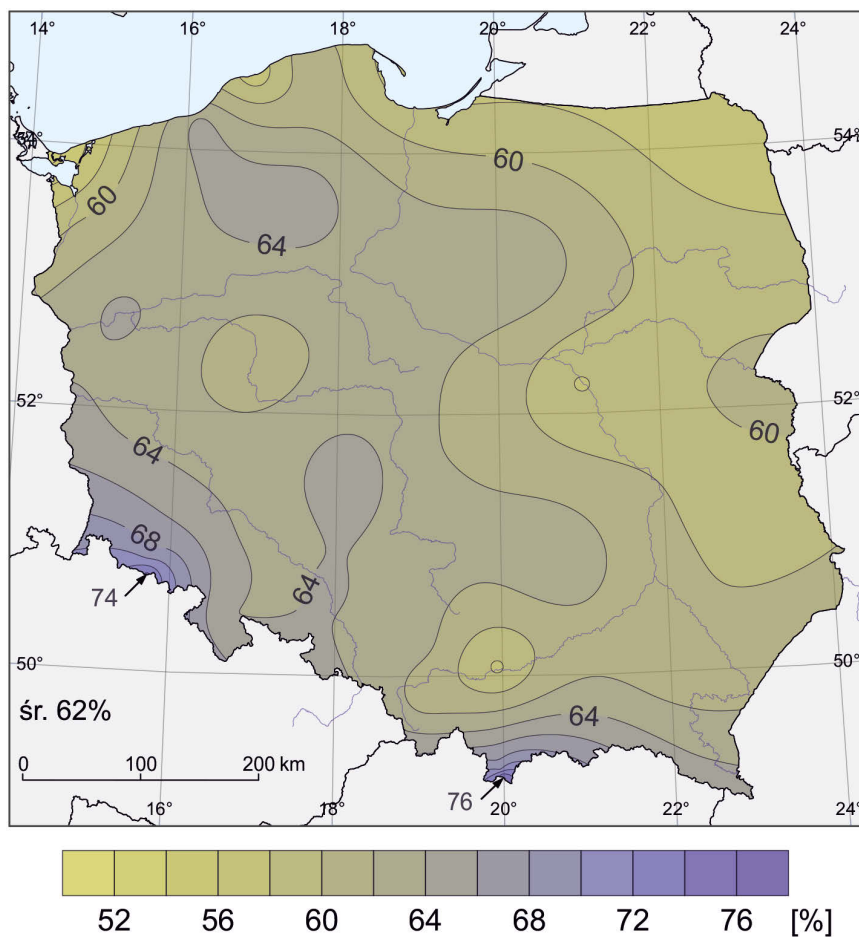
# Średnie roczne zachmurzenie



## Średnie zachmurzenie wiosną

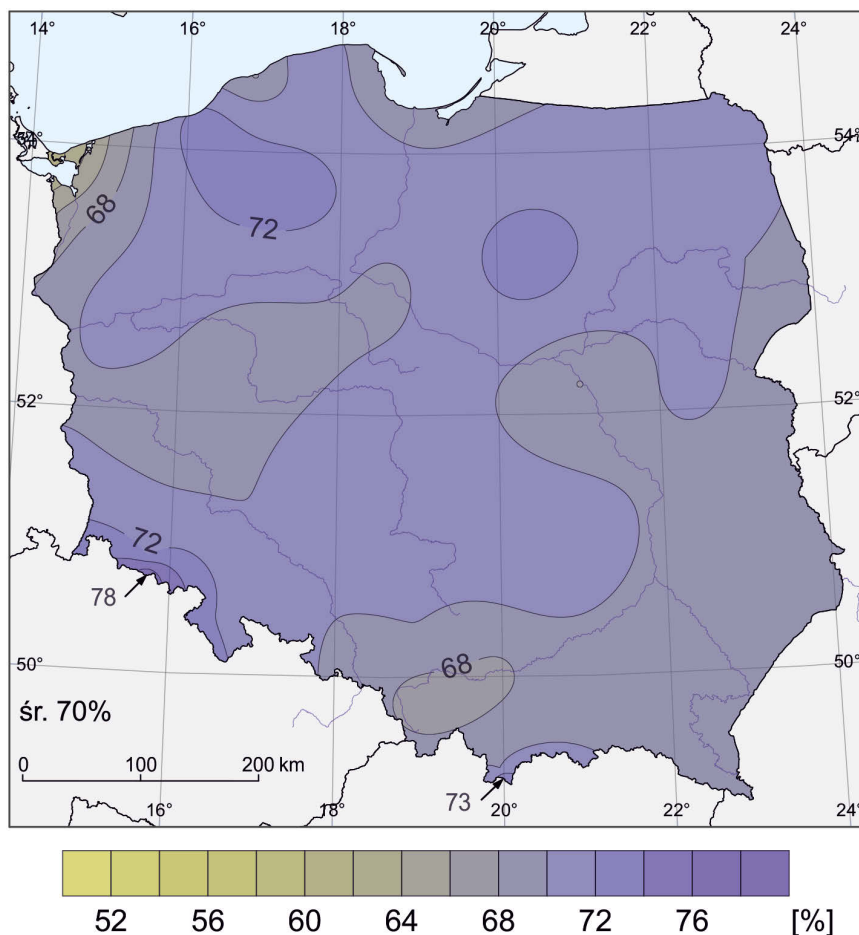


## Średnie zachmurzenie latem

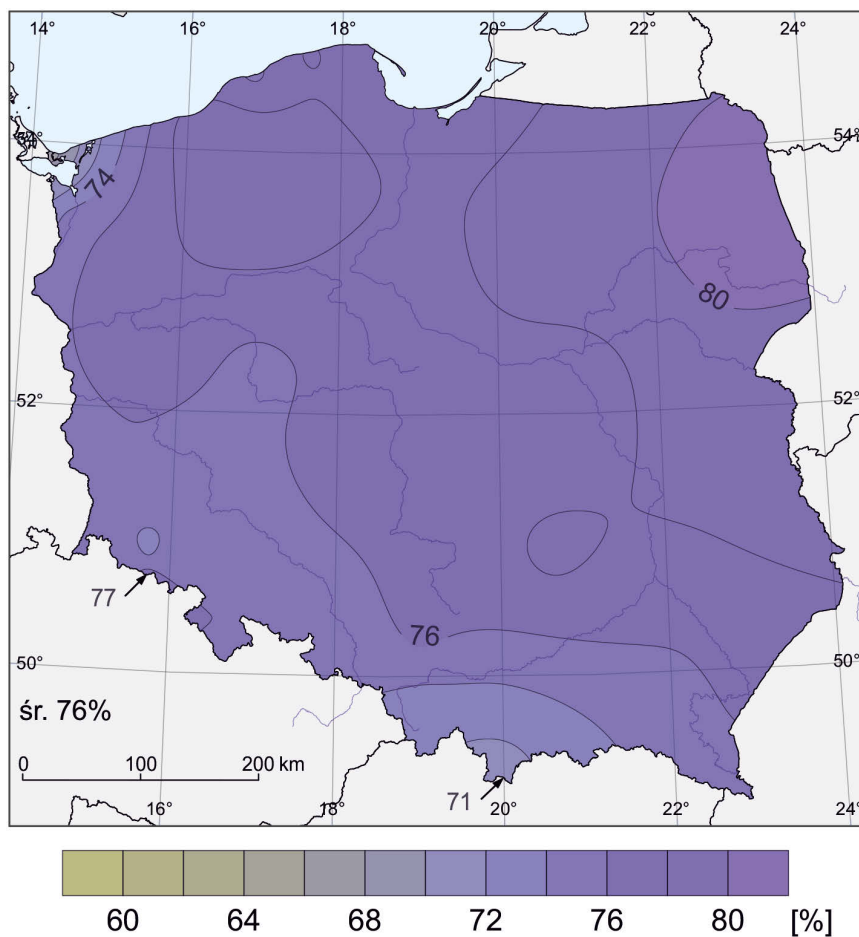




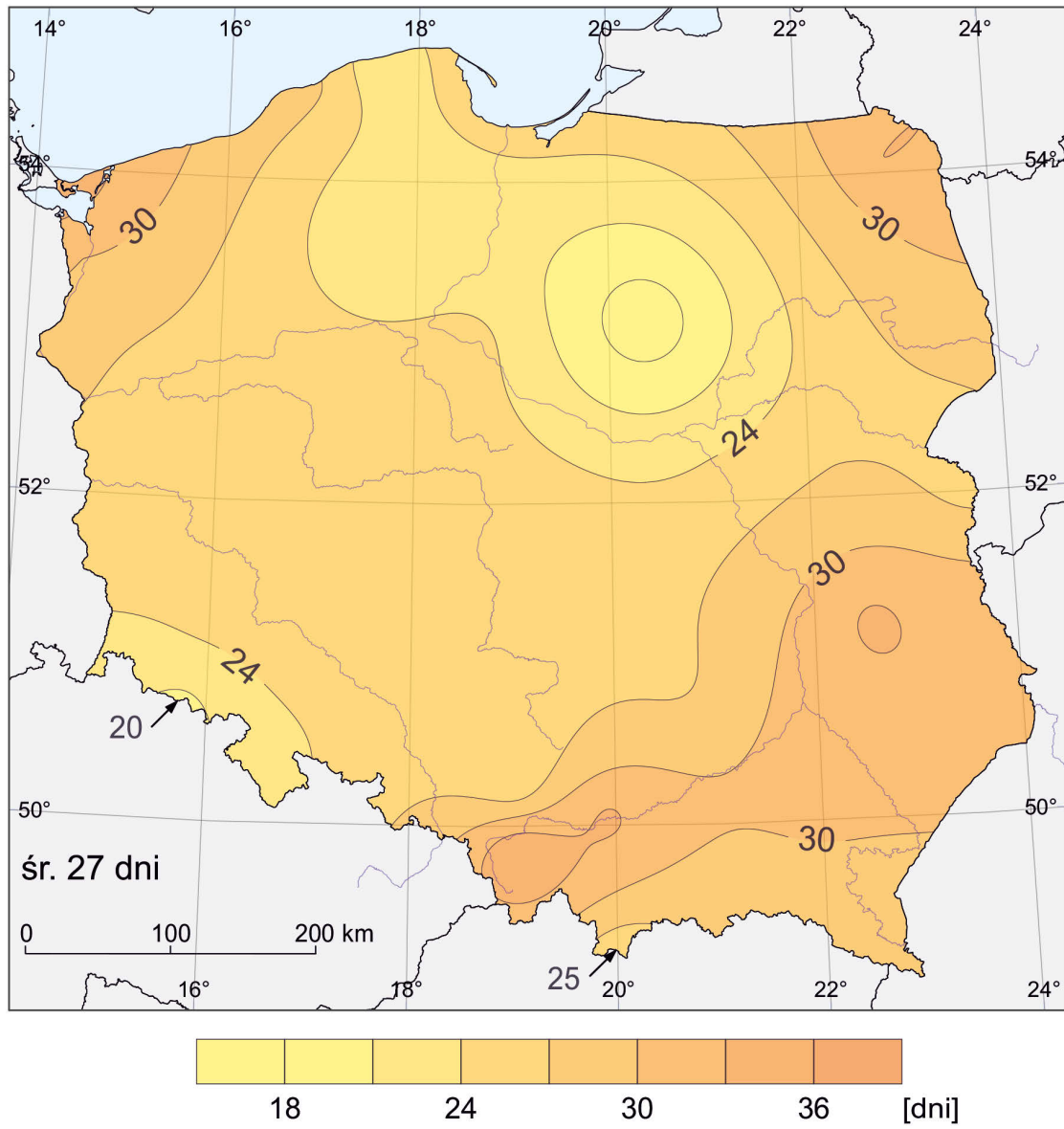
## Średnie zachmurzenie jesienią



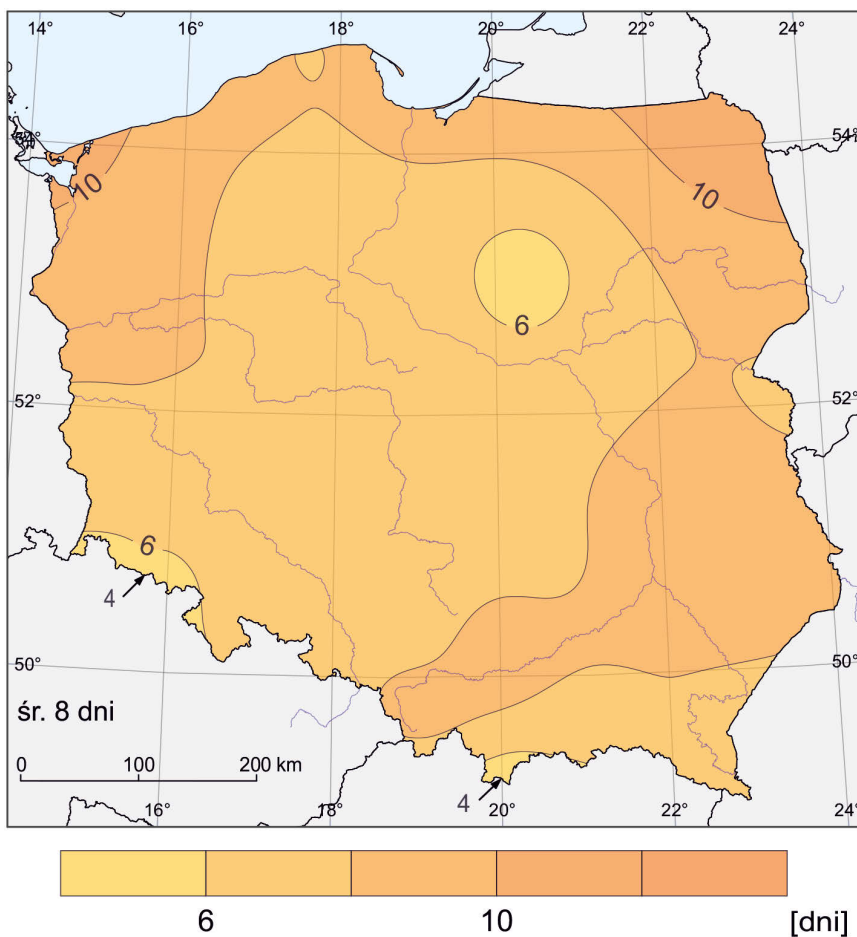
## Średnie zachmurzenie zimą



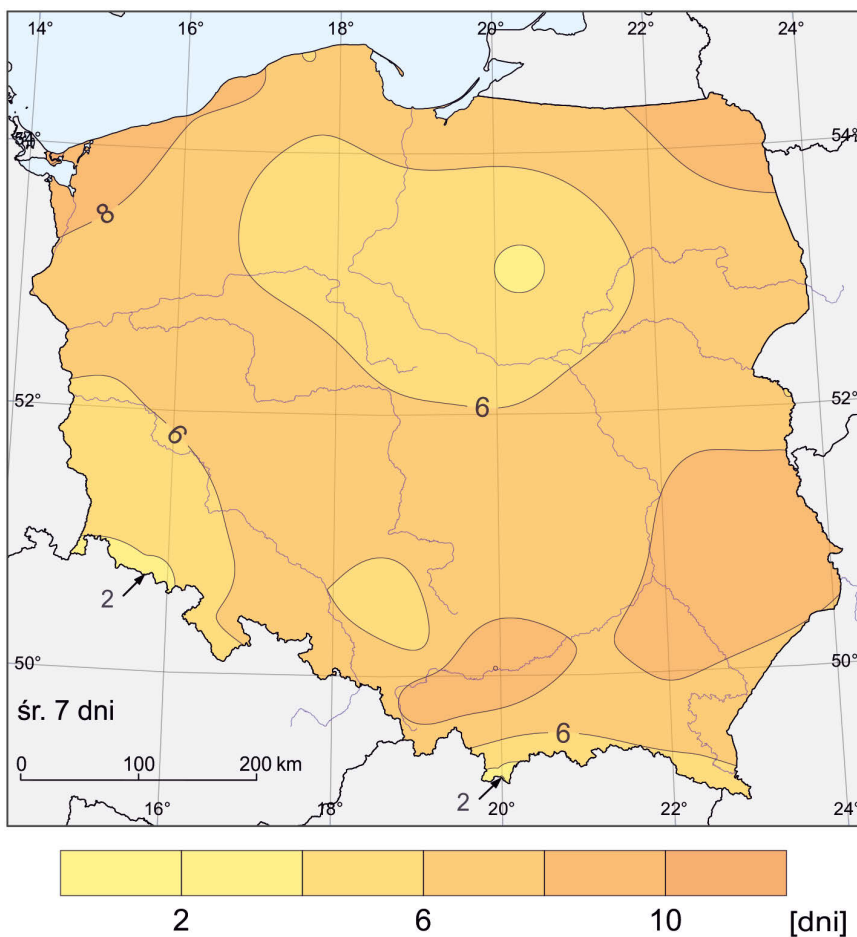
# Średnia roczna liczba dni pogodnych



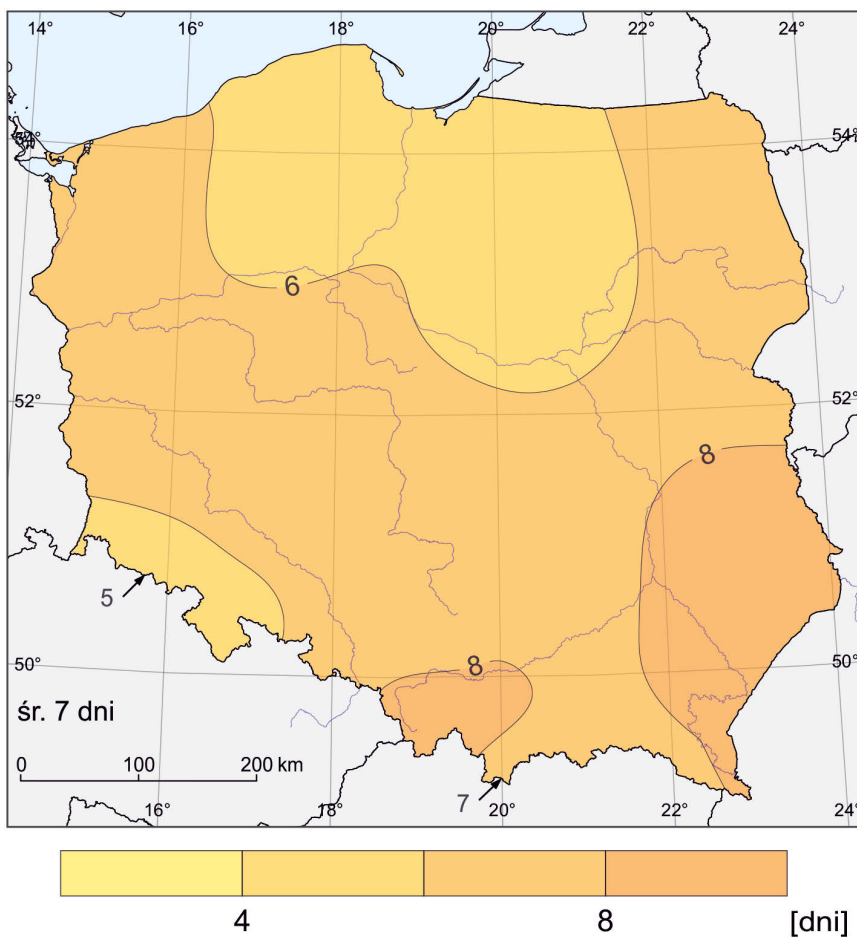
### Średnia liczba dni pogodnych wiosną



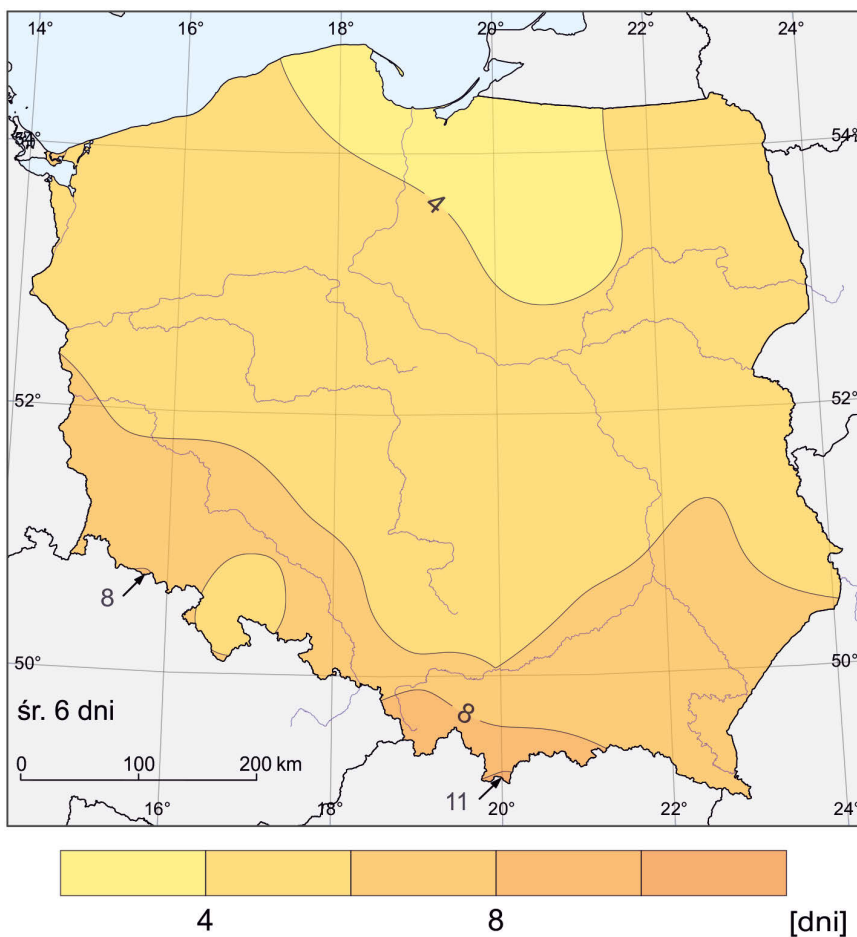
### Średnia liczba dni pogodnych latem



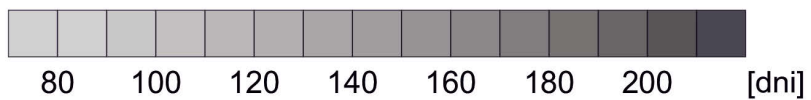
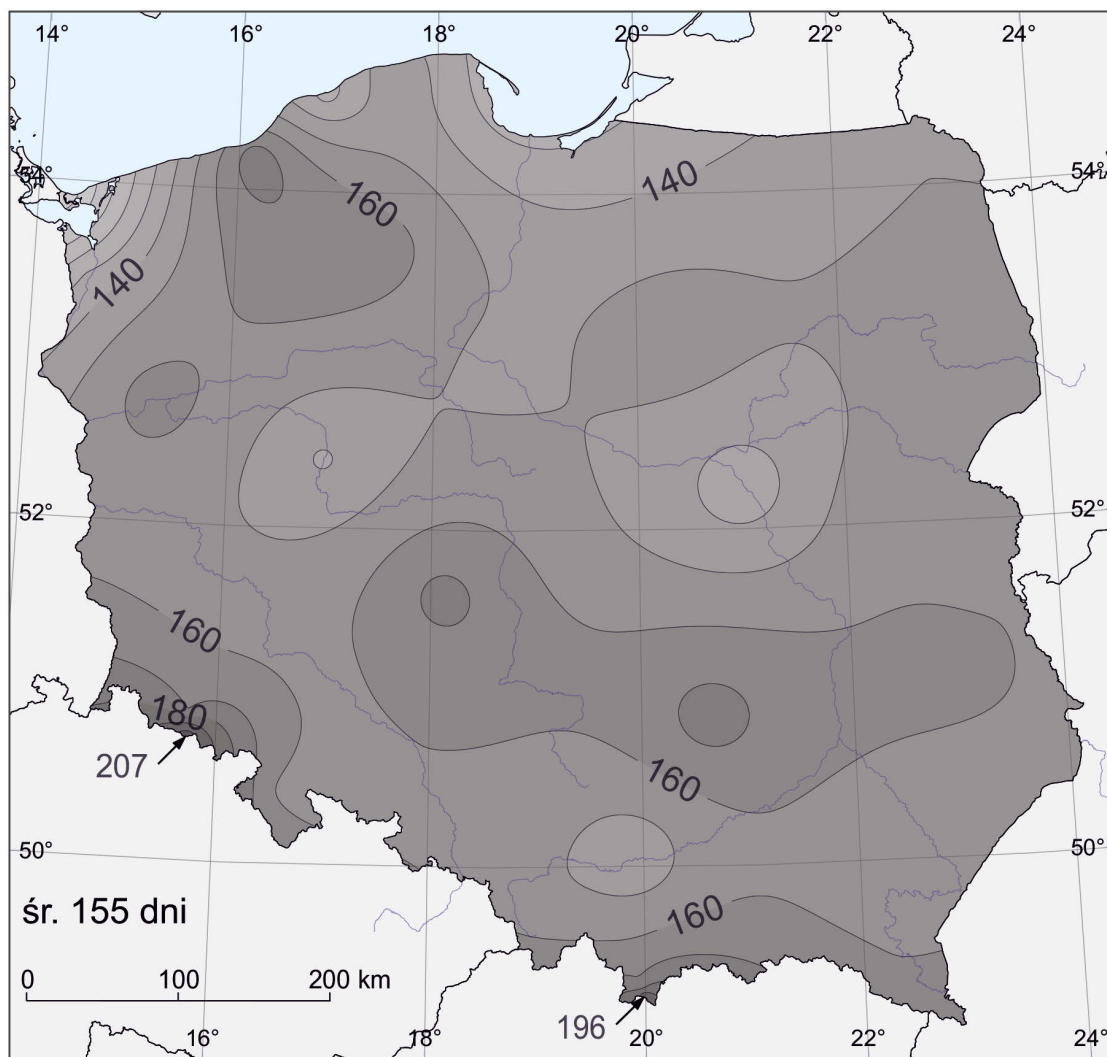
### Średnia liczba dni pogodnych jesienią



### Średnia liczba dni pogodnych zimą

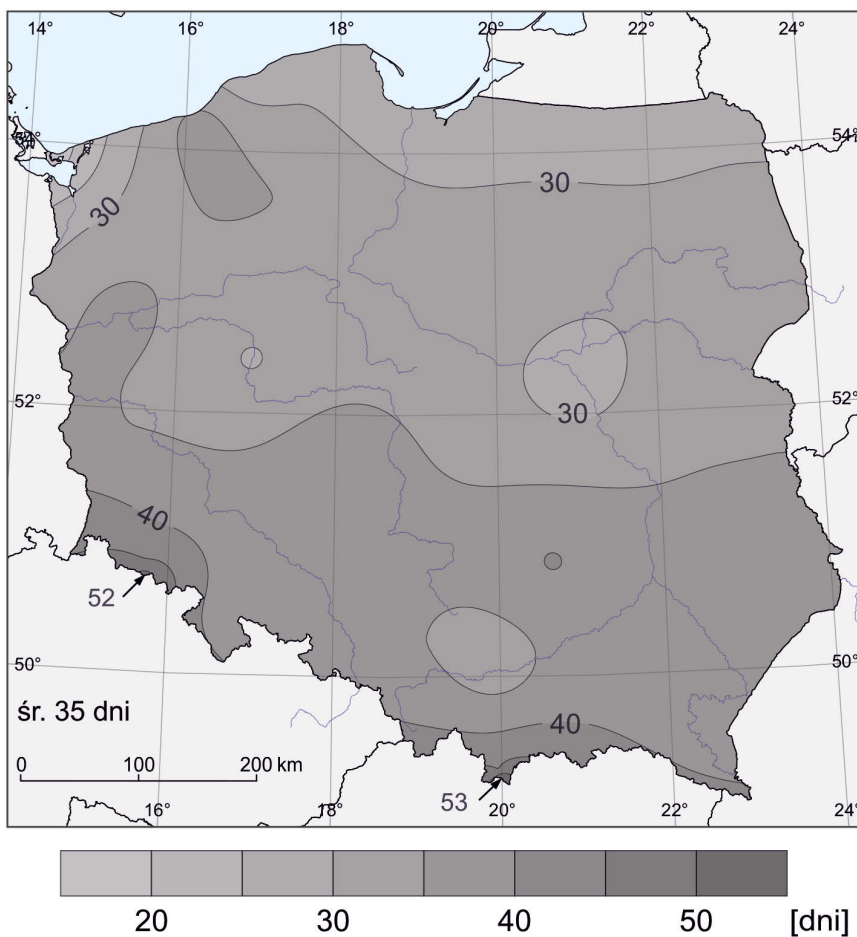


# Średnia roczna liczba dni pochmurnych

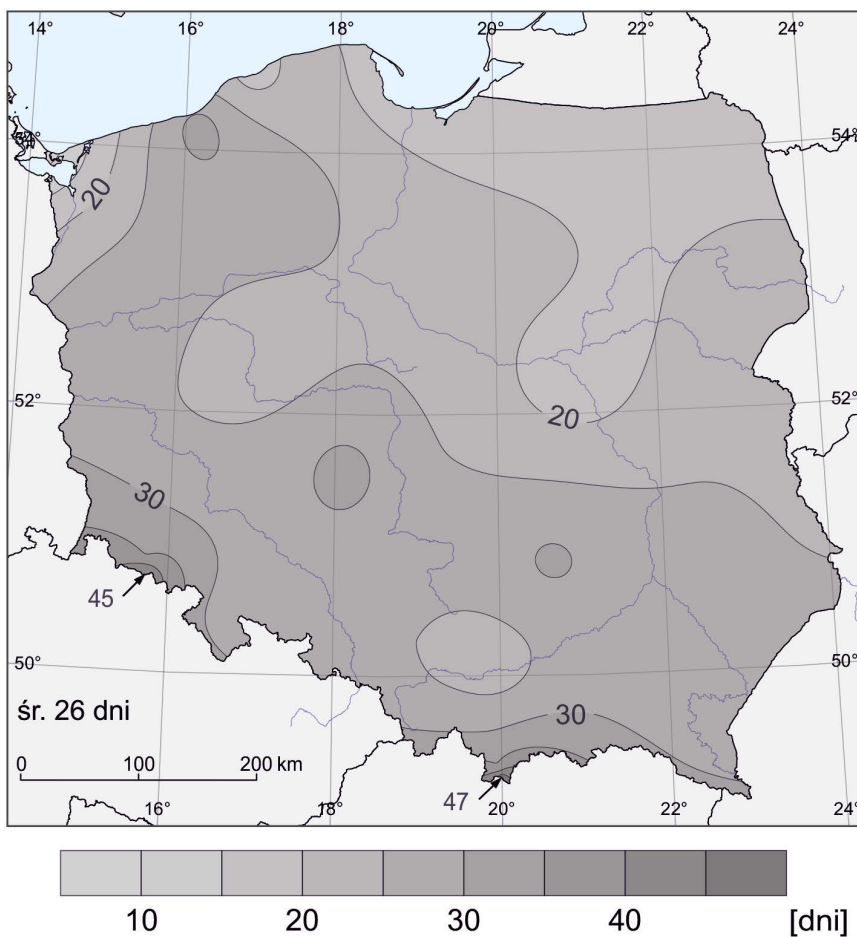




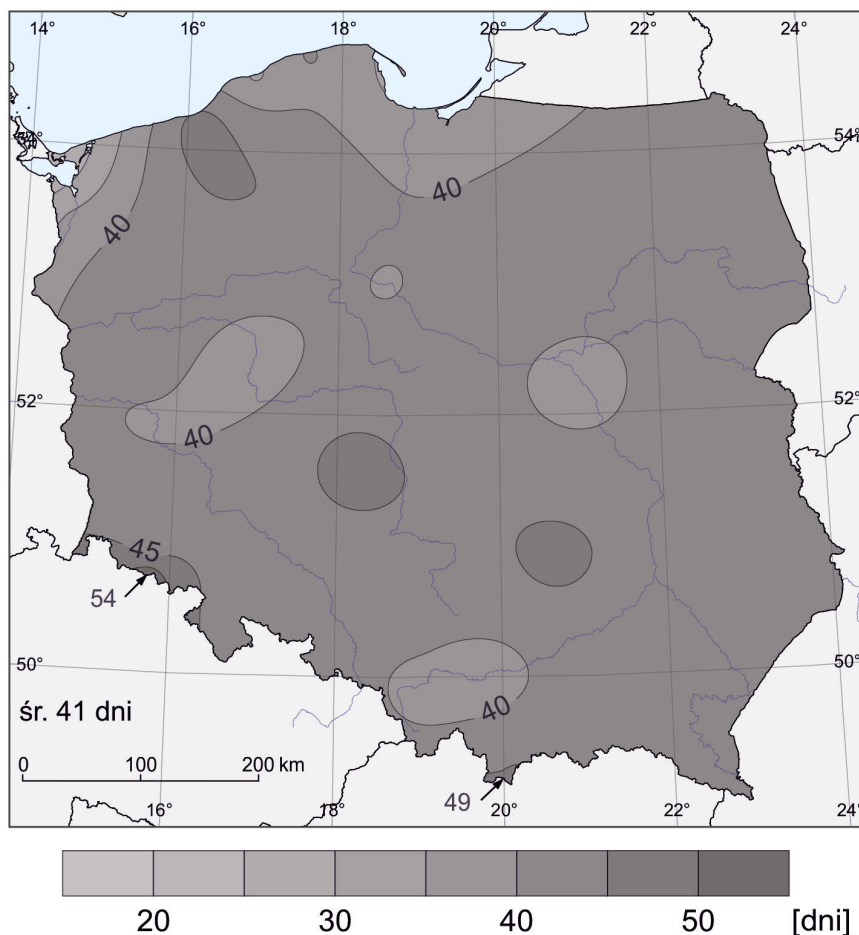
## Średnia liczba dni pochmurnych wiosną



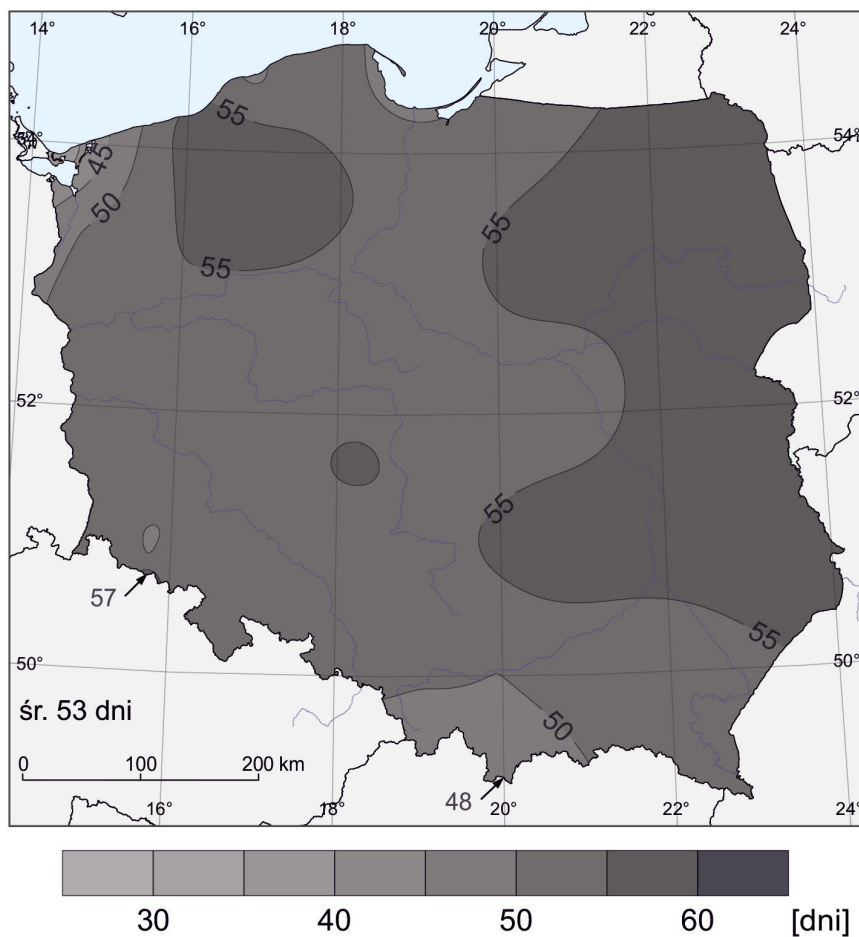
## Średnia liczba dni pochmurnych latem



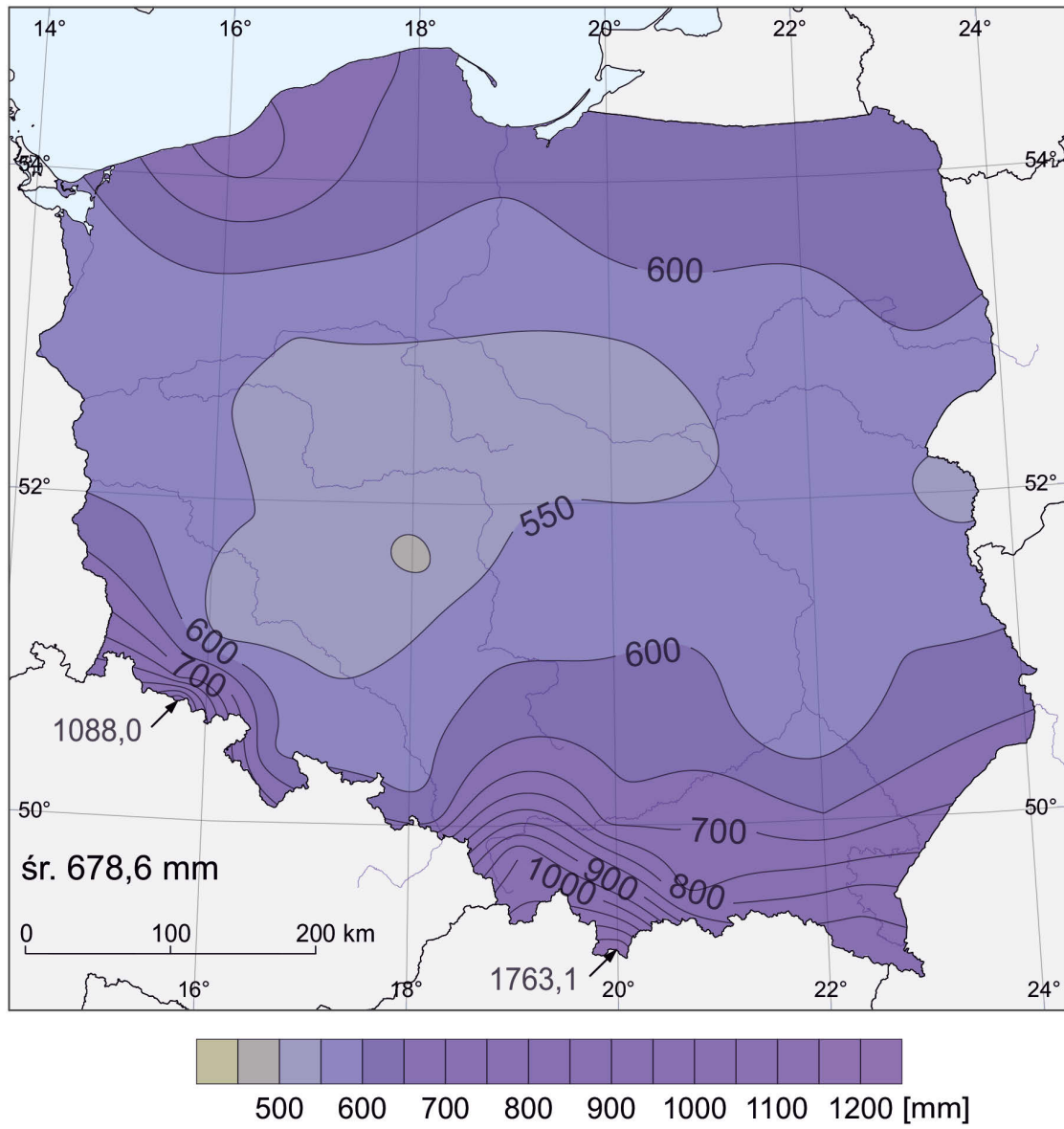
## Średnia liczba dni pochmurnych jesienią



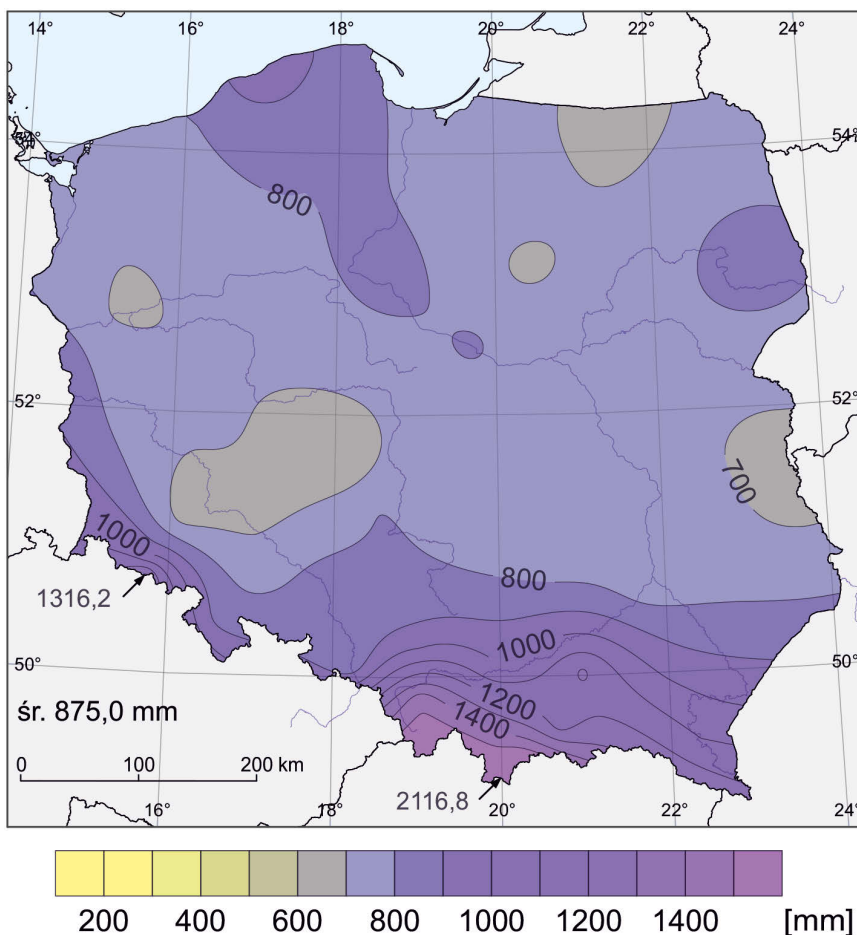
## Średnia liczba dni pochmurnych zimą



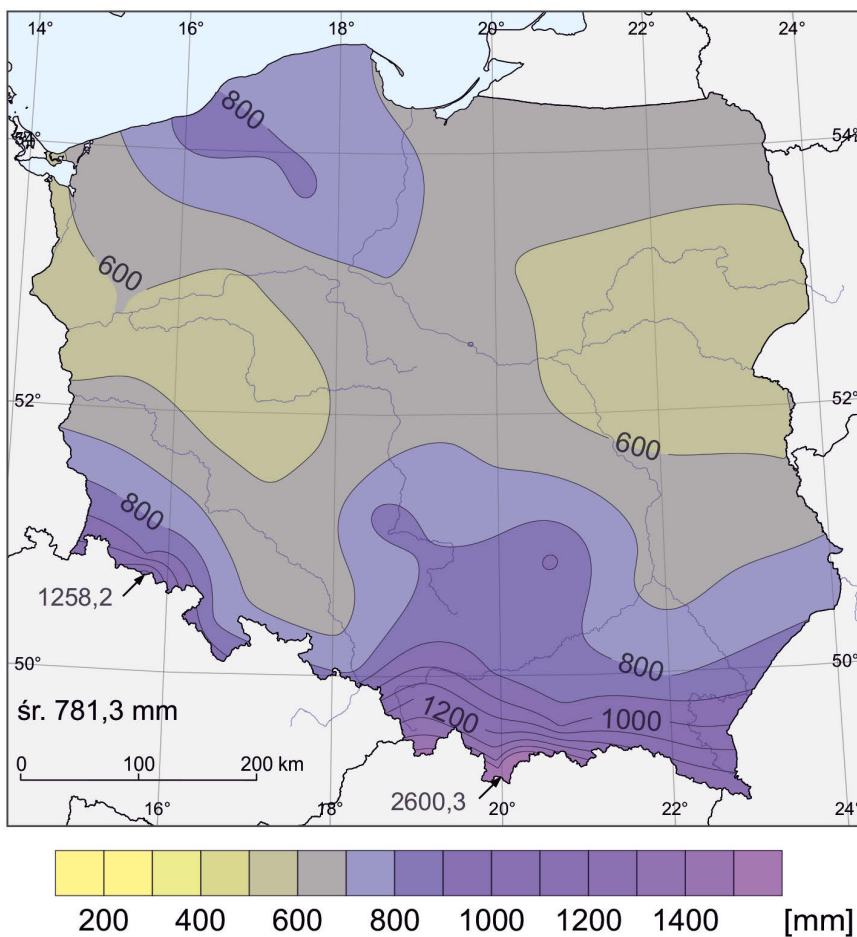
# Średnia roczna suma opadów



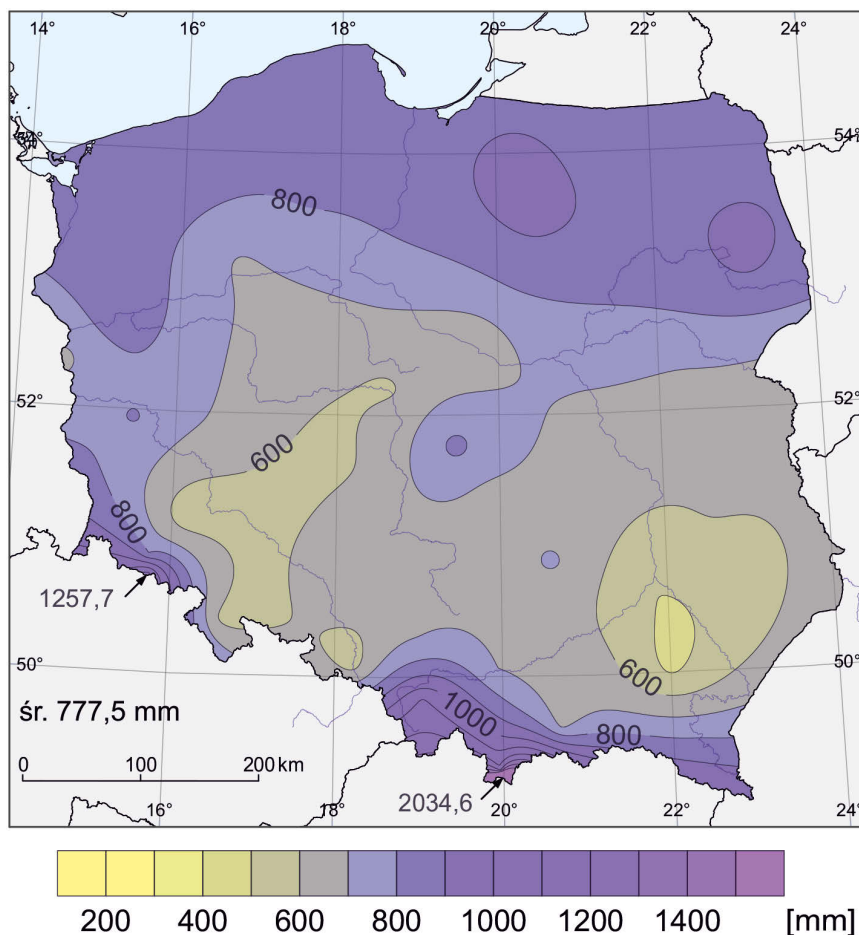
### Roczna suma opadów w wilgotnym roku 2010



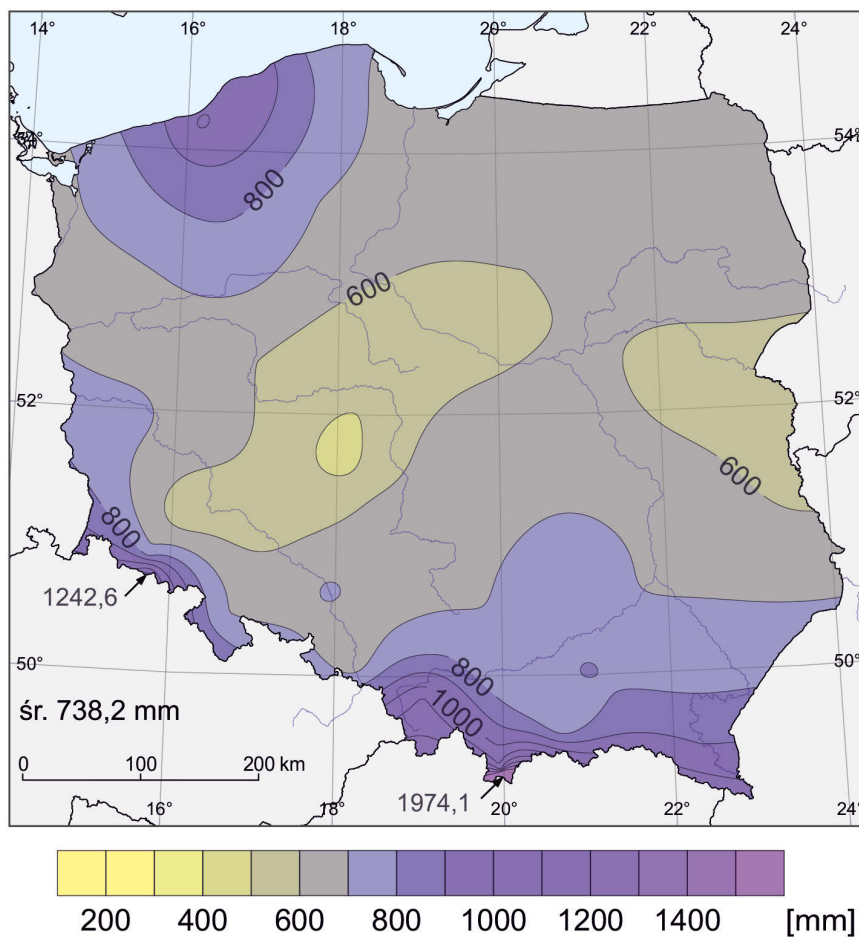
### Roczna suma opadów w wilgotnym roku 2001



### Roczna suma opadów w wilgotnym roku 2017

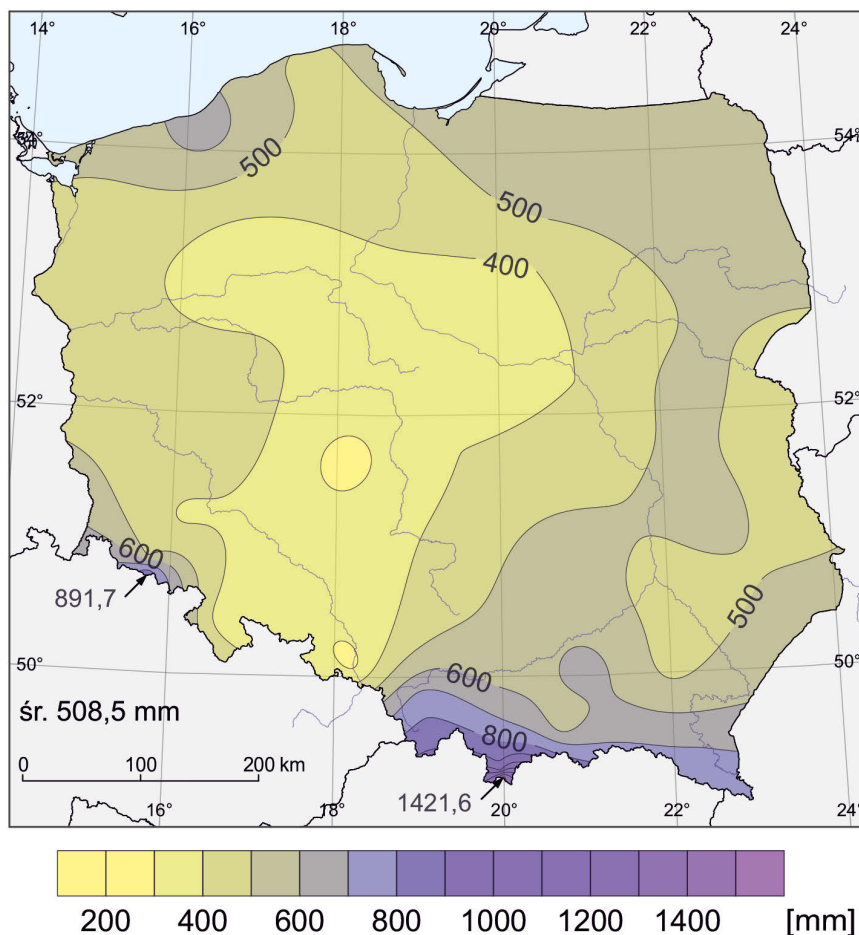


### Roczna suma opadów w wilgotnym roku 1998

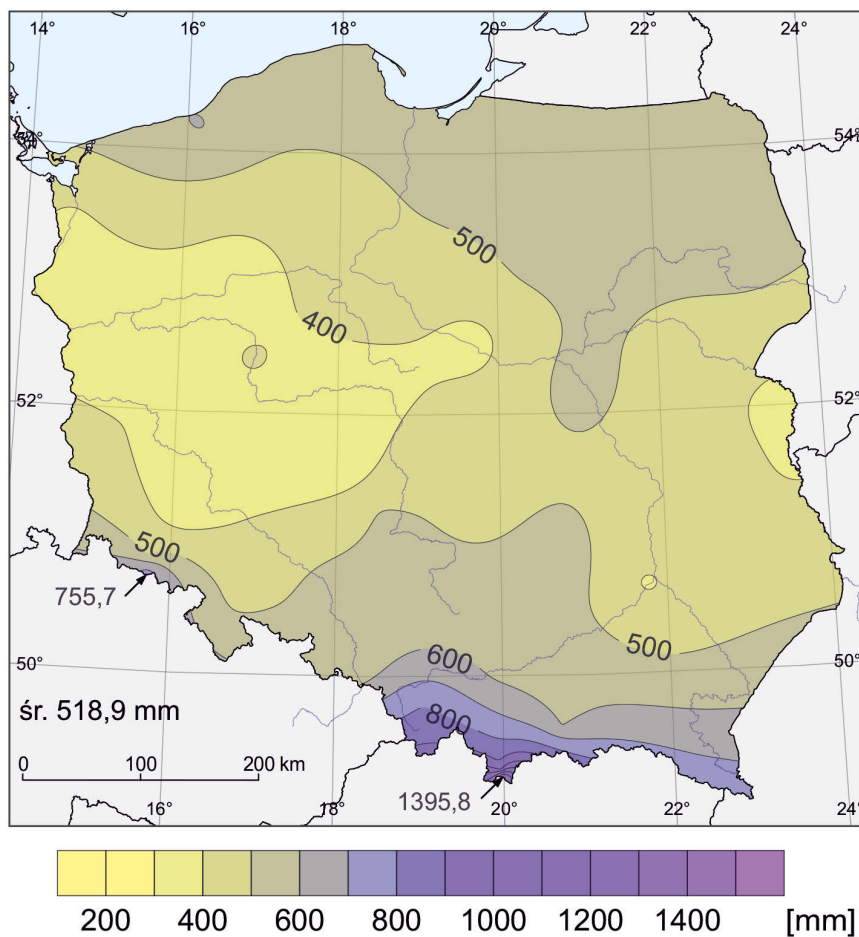




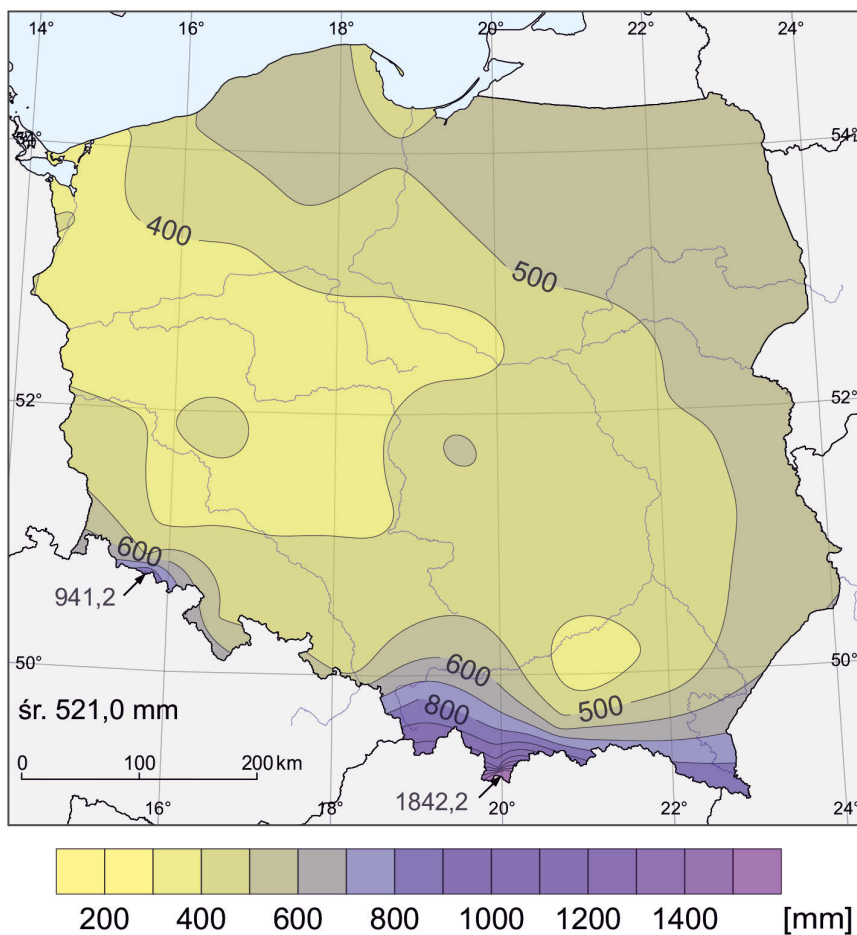
### Roczna suma opadów w suchym roku 2015



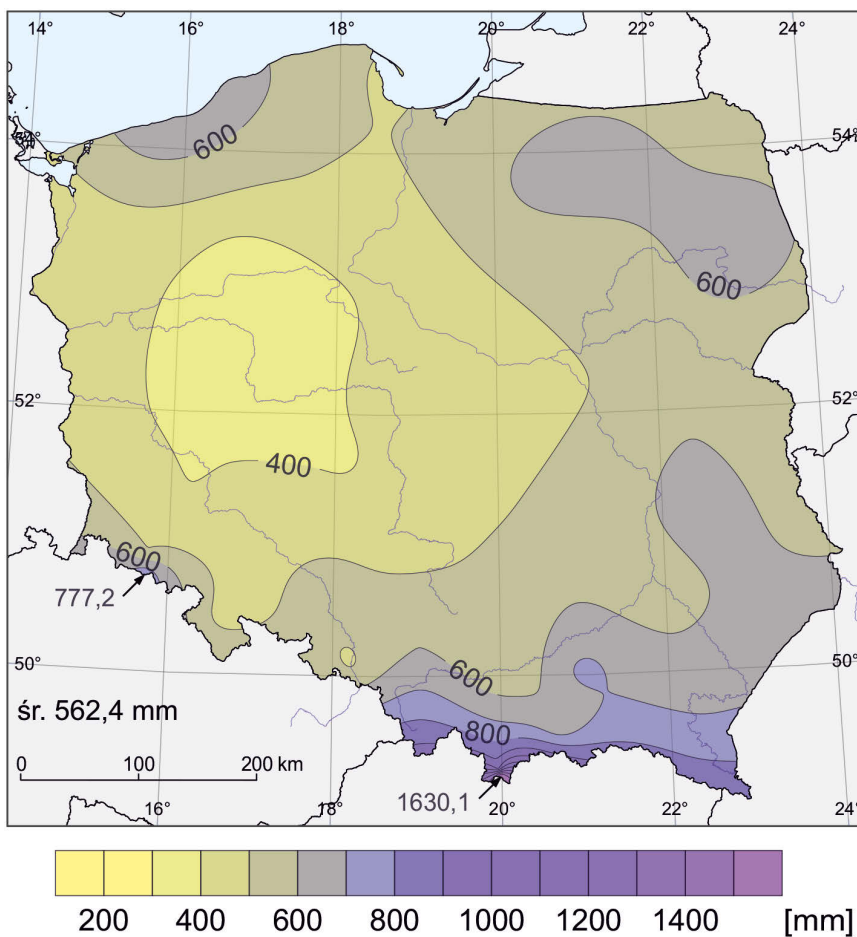
### Roczna suma opadów w suchym roku 2003



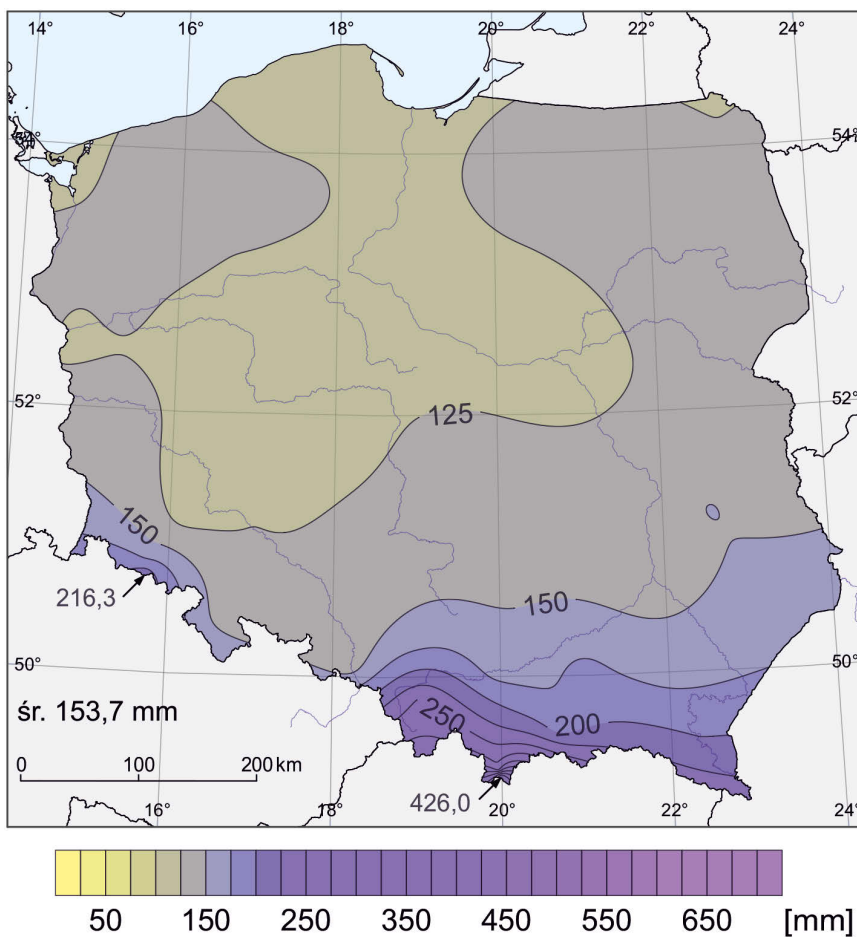
### Roczna suma opadów w suchym roku 2018



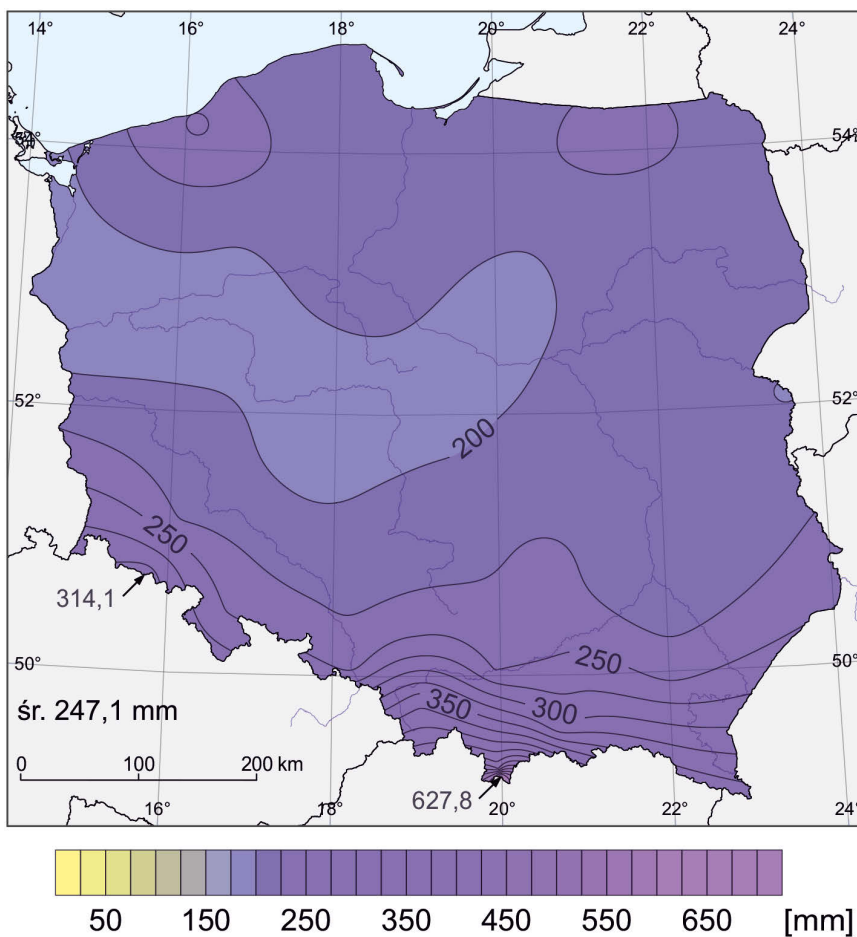
### Roczna suma opadów w suchym roku 1992



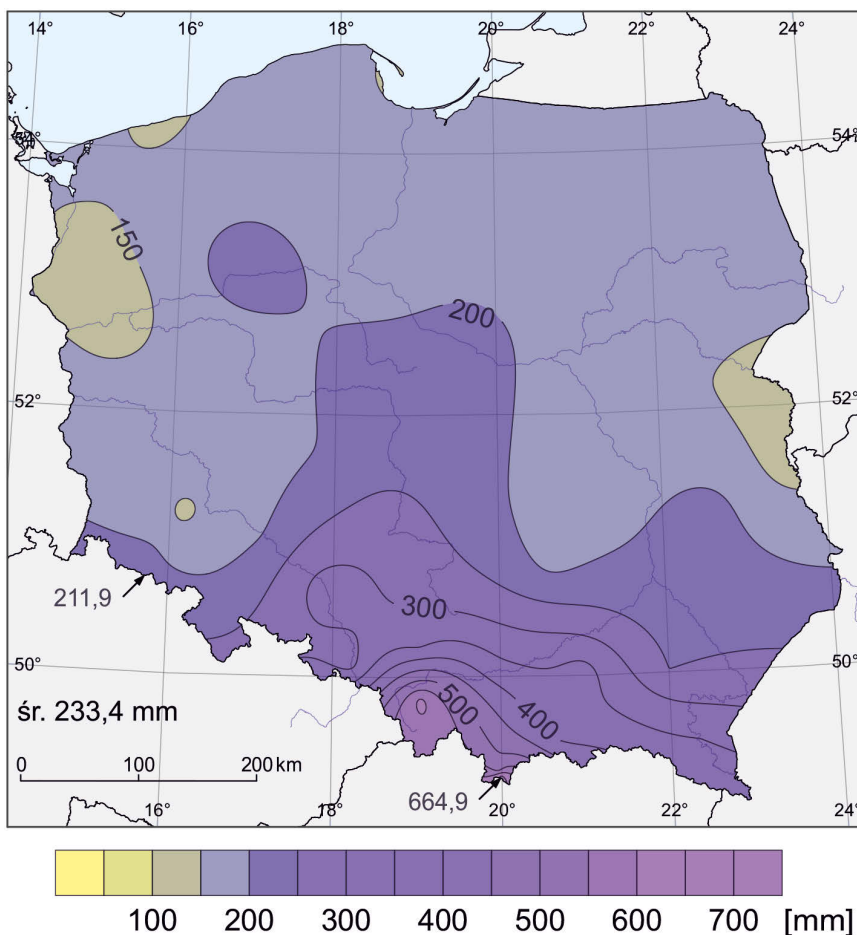
### Średnia suma opadów wiosną



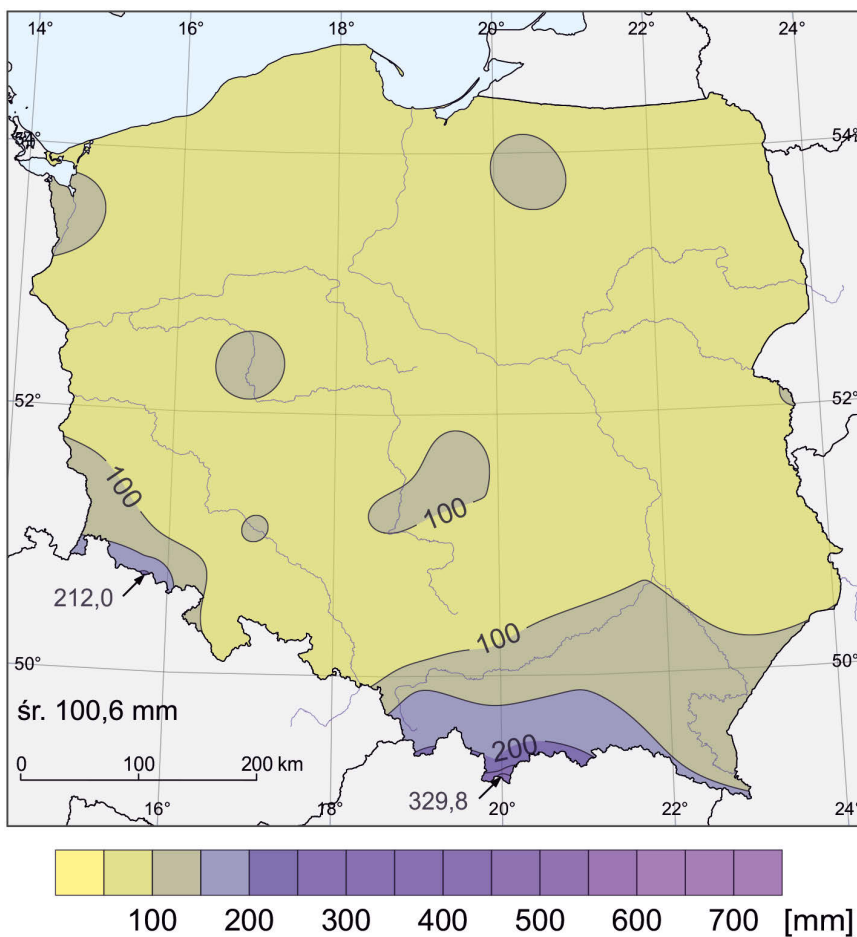
### Średnia suma opadów latem



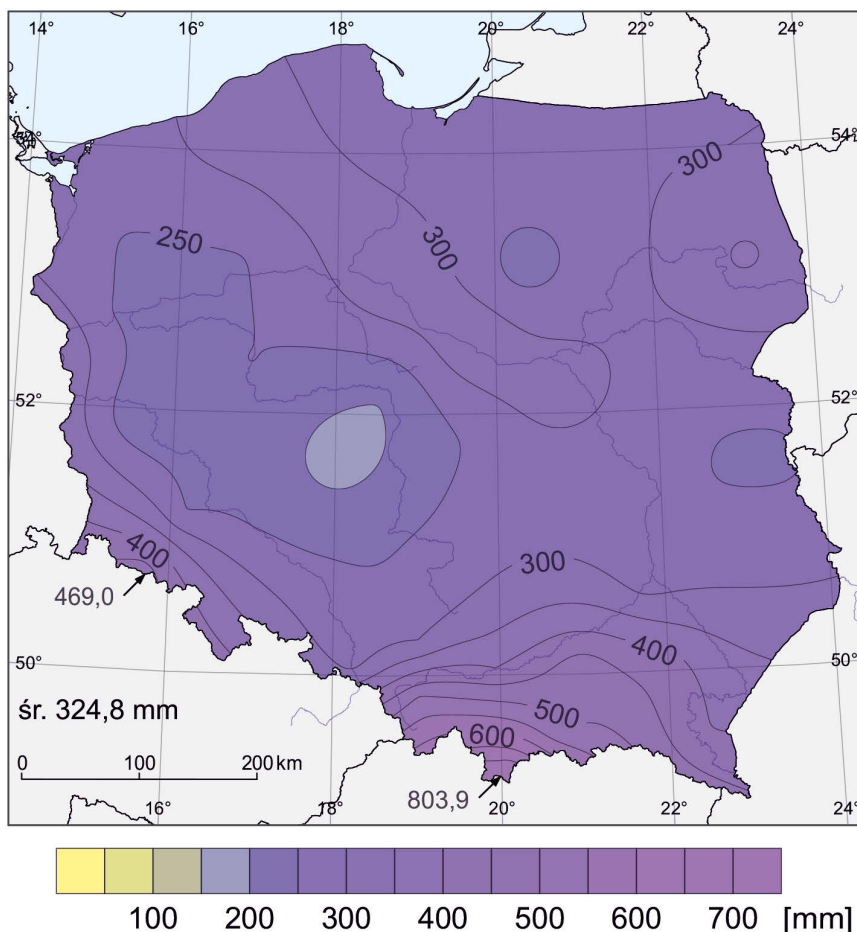
### Suma opadów dla najbardziej wilgotnej wiosny (2010)



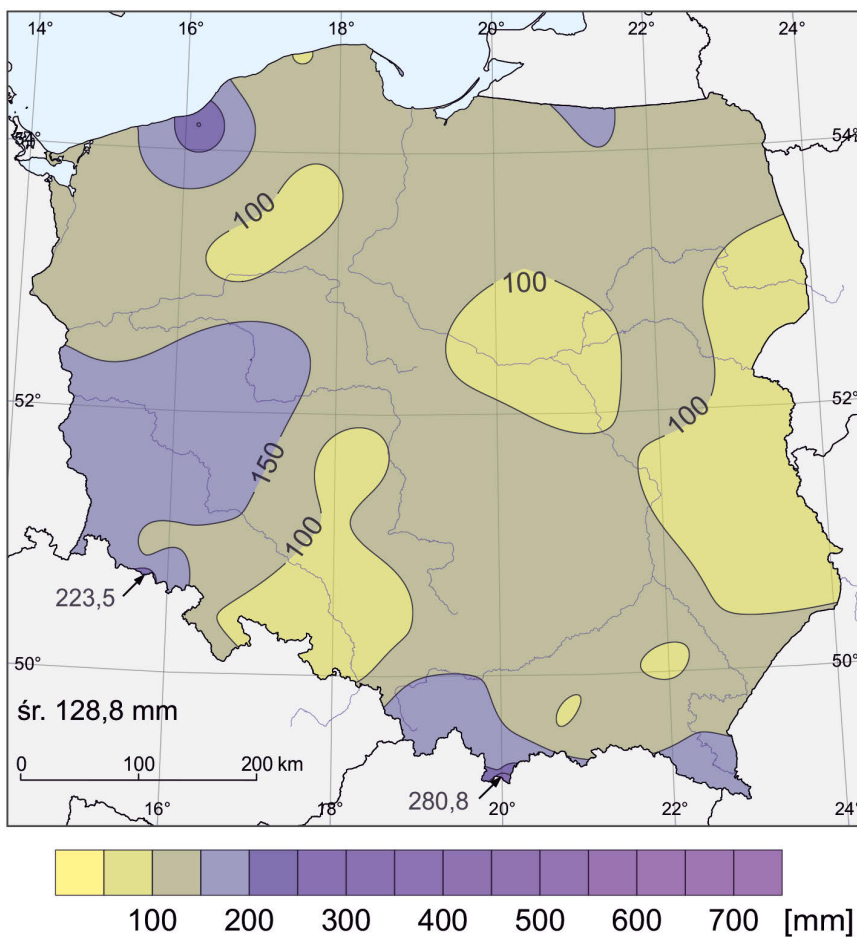
### Suma opadów dla najbardziej suchej wiosny (1993)



### Suma opadów dla najbardziej wilgotnego lata (2010)

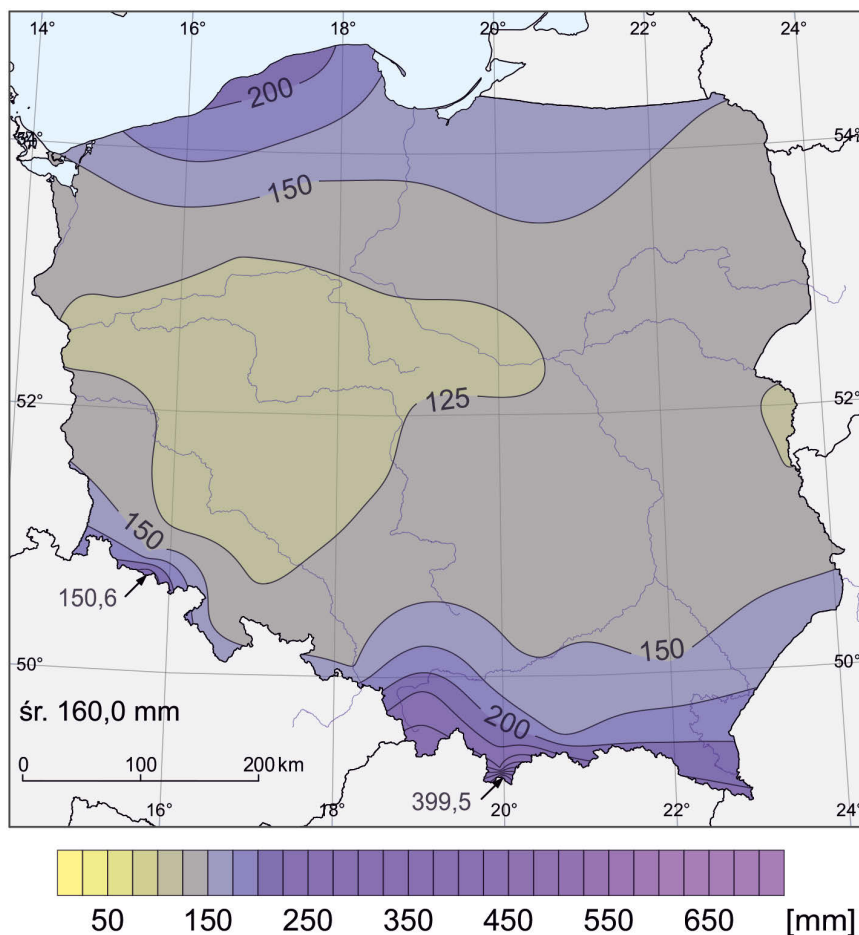


### Suma opadów dla najbardziej suchego lata (2015)

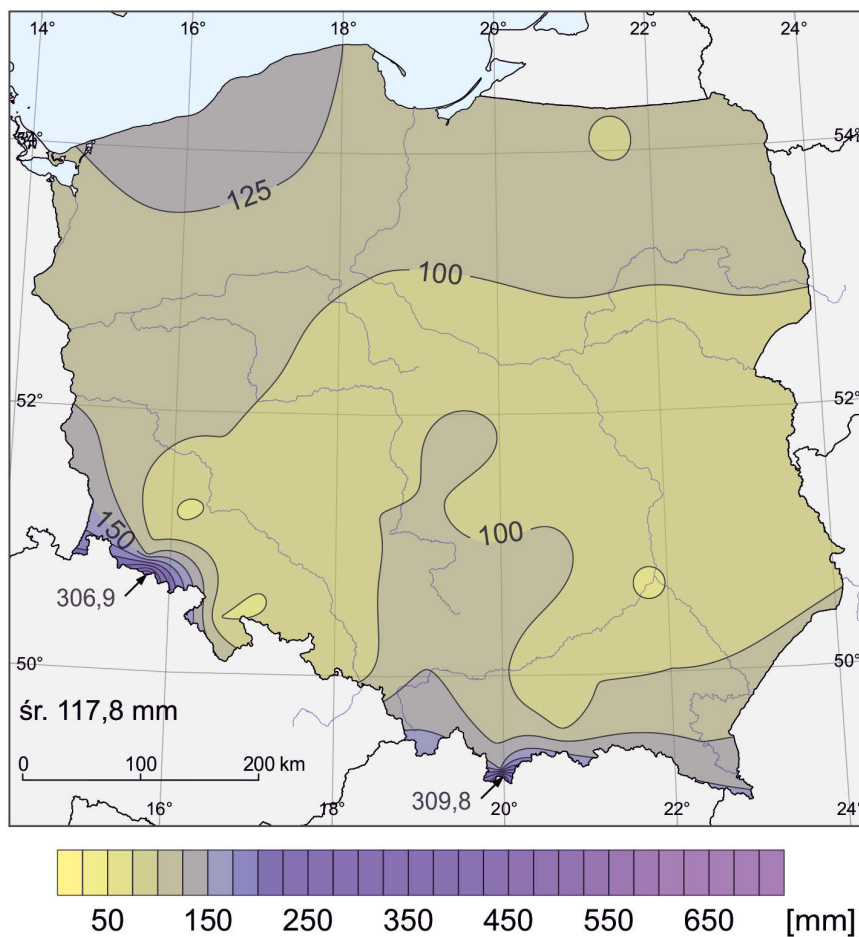




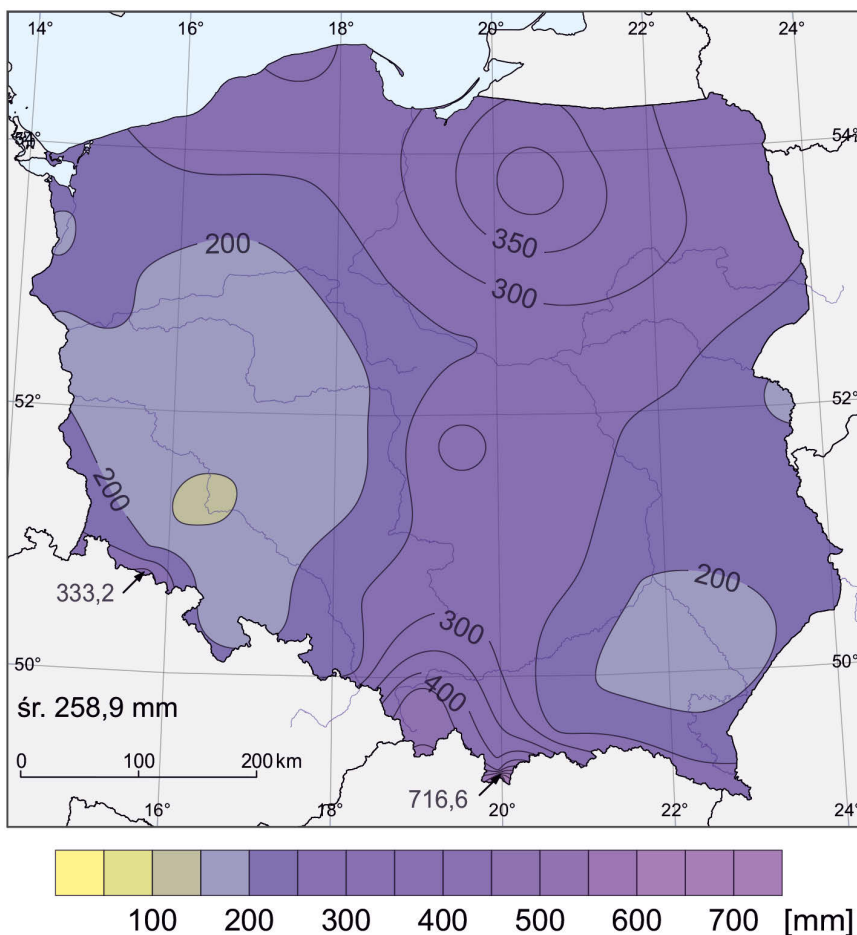
## Średnia suma opadów jesienią



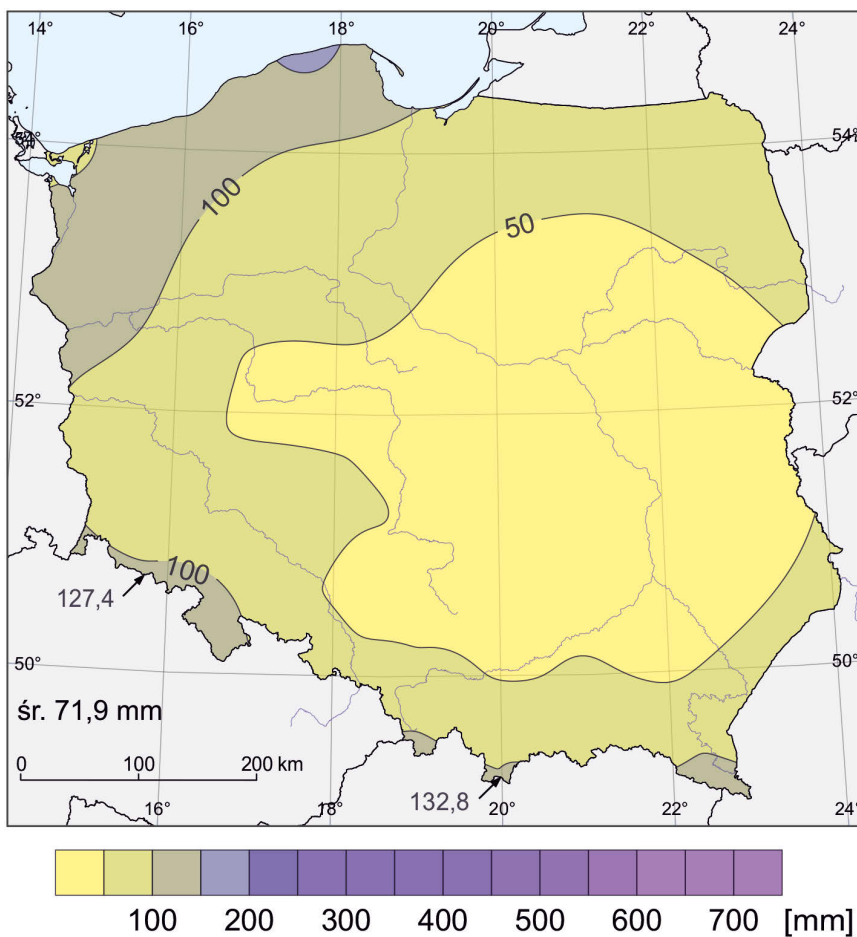
## Średnia suma opadów zimą



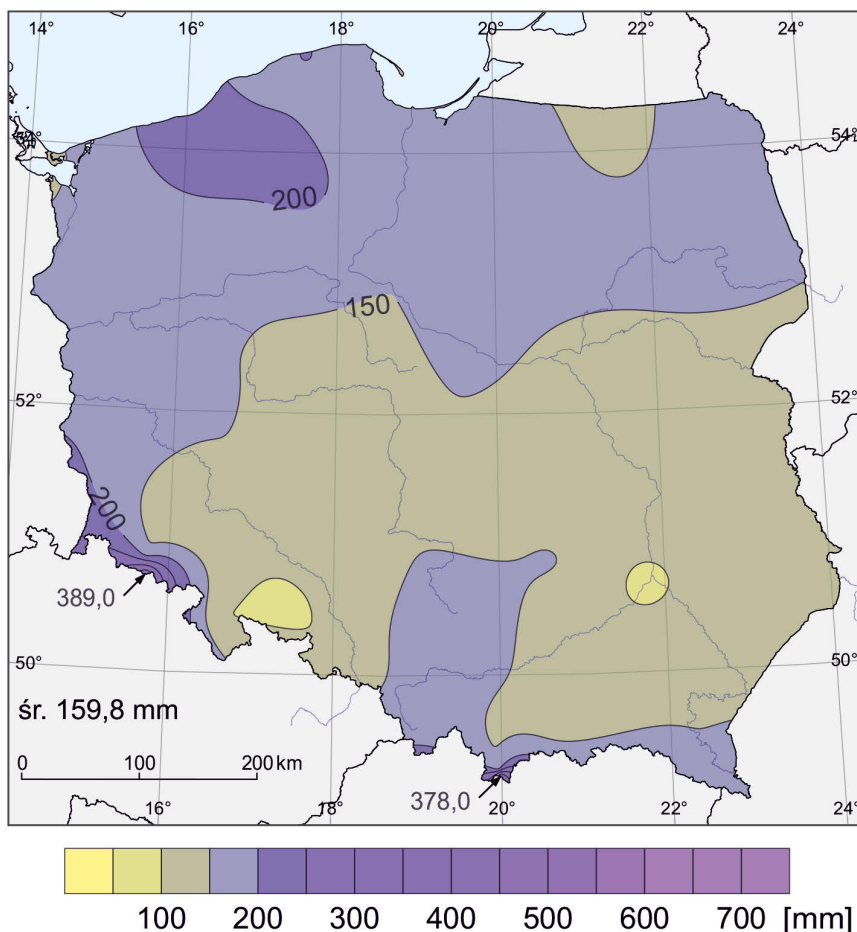
### Suma opadów dla najbardziej wilgotnej jesieni (2017)



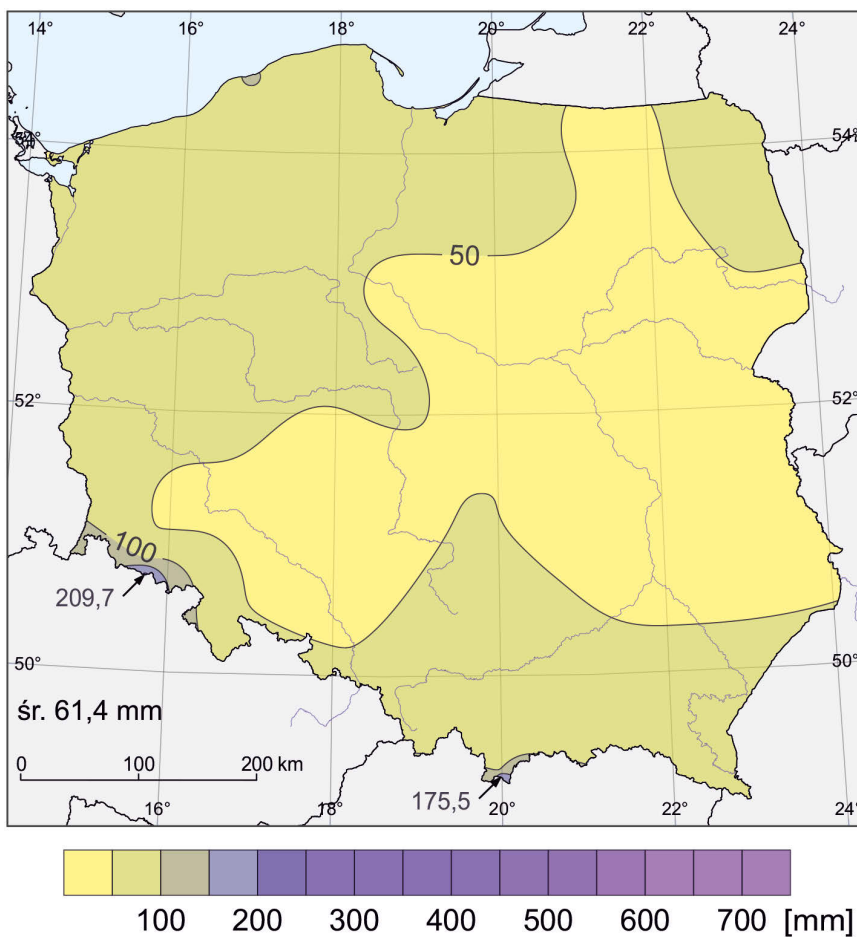
### Suma opadów dla najbardziej suchej jesieni (2011)



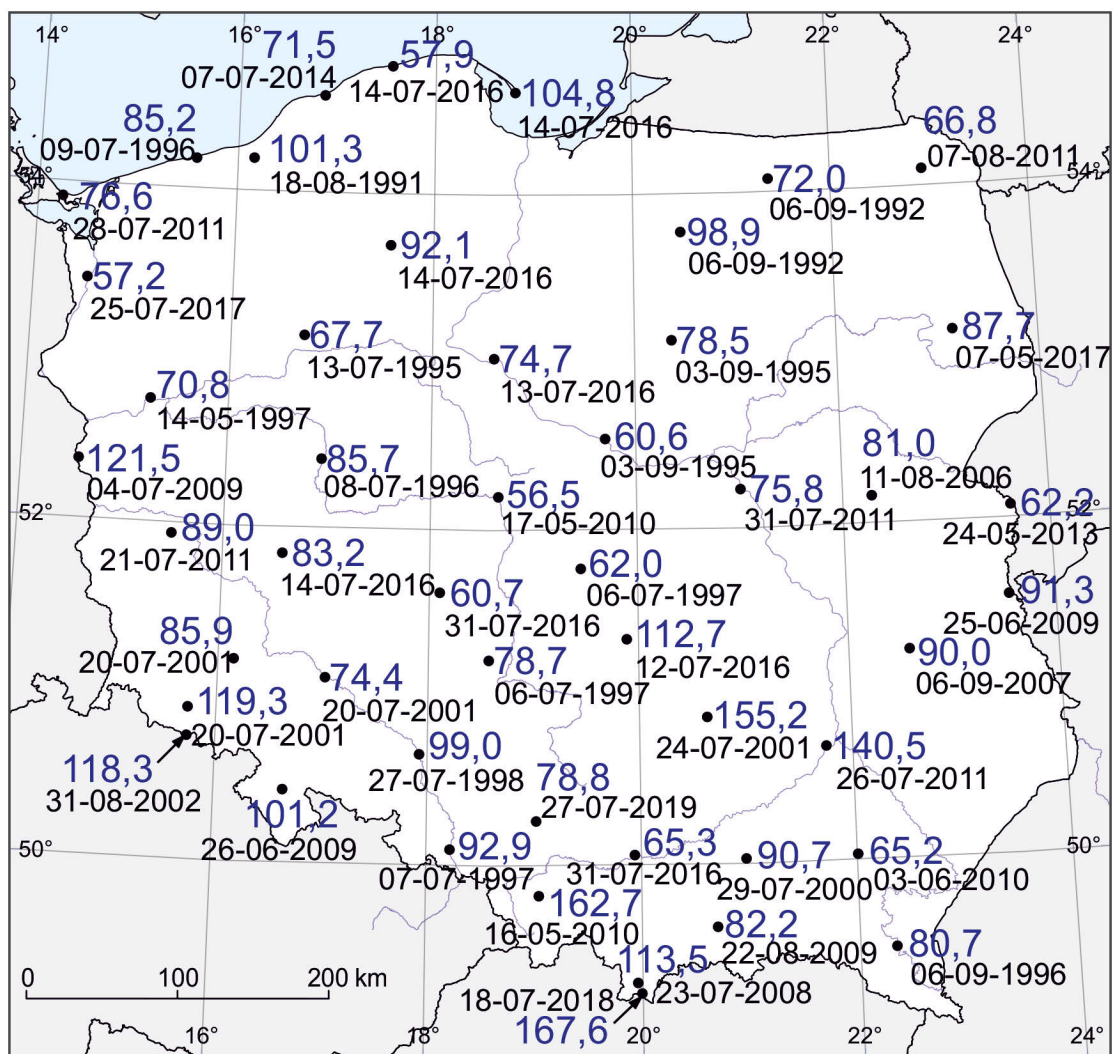
### Suma opadów dla najbardziej wilgotnej zimy (2016/2007)



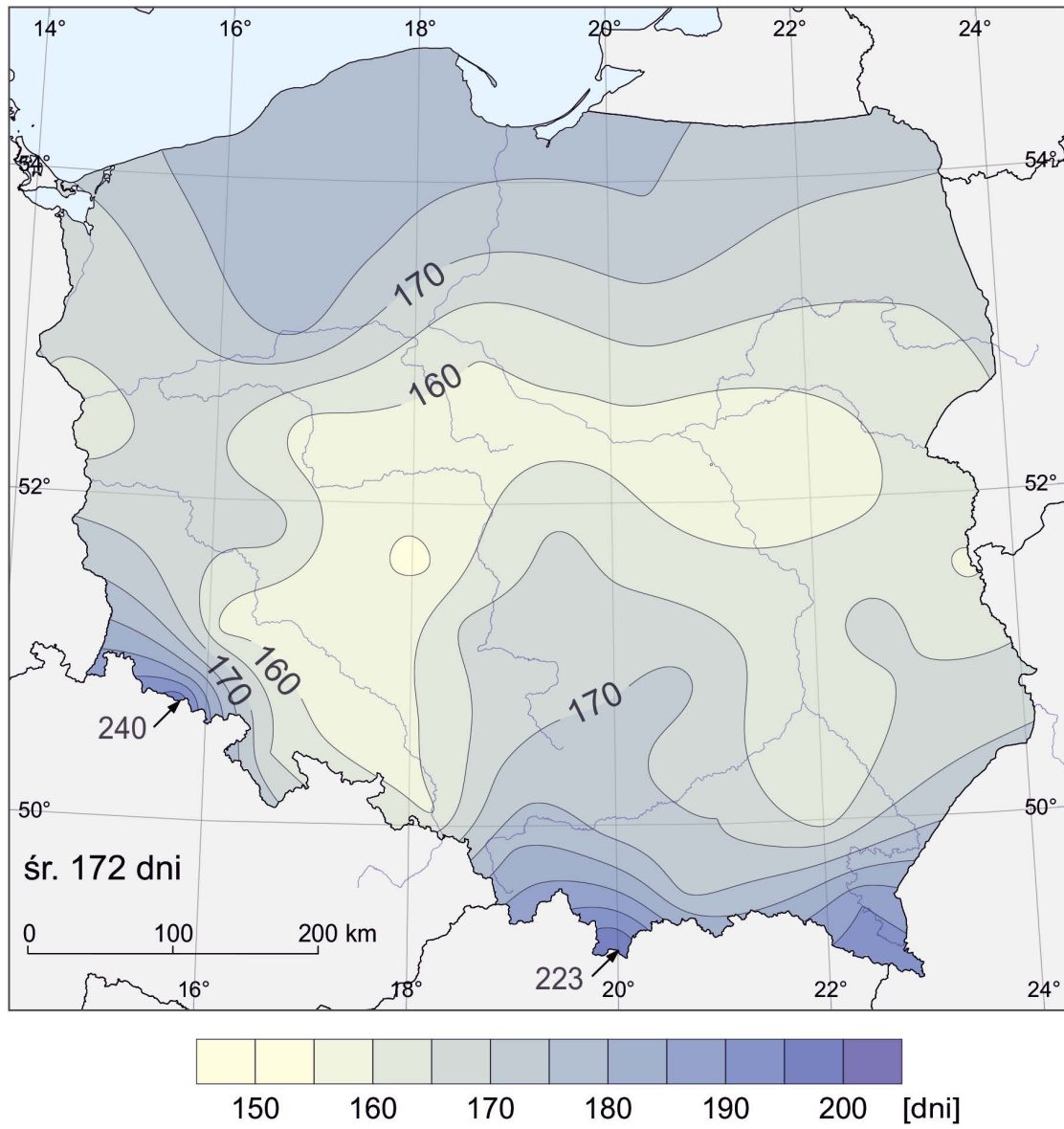
### Suma opadów dla najbardziej suchej zimy (1996/1997)



## Maksymalna dobowa suma opadów z datą wystąpienia

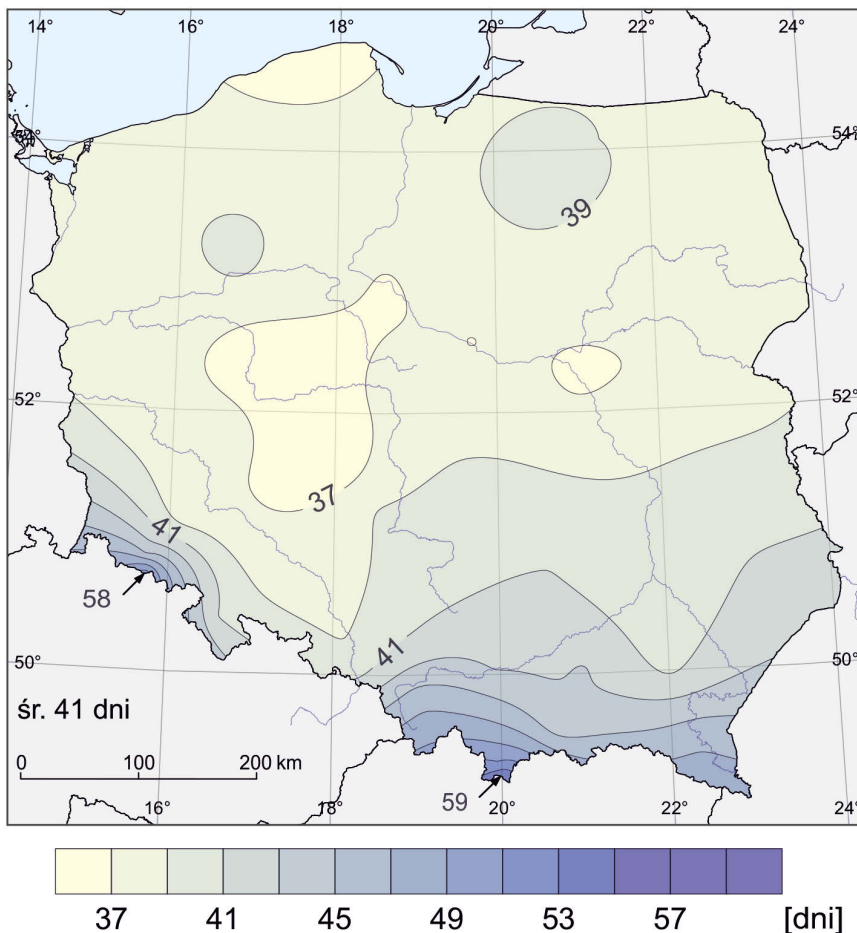


# Średnia roczna liczba dni z opadem

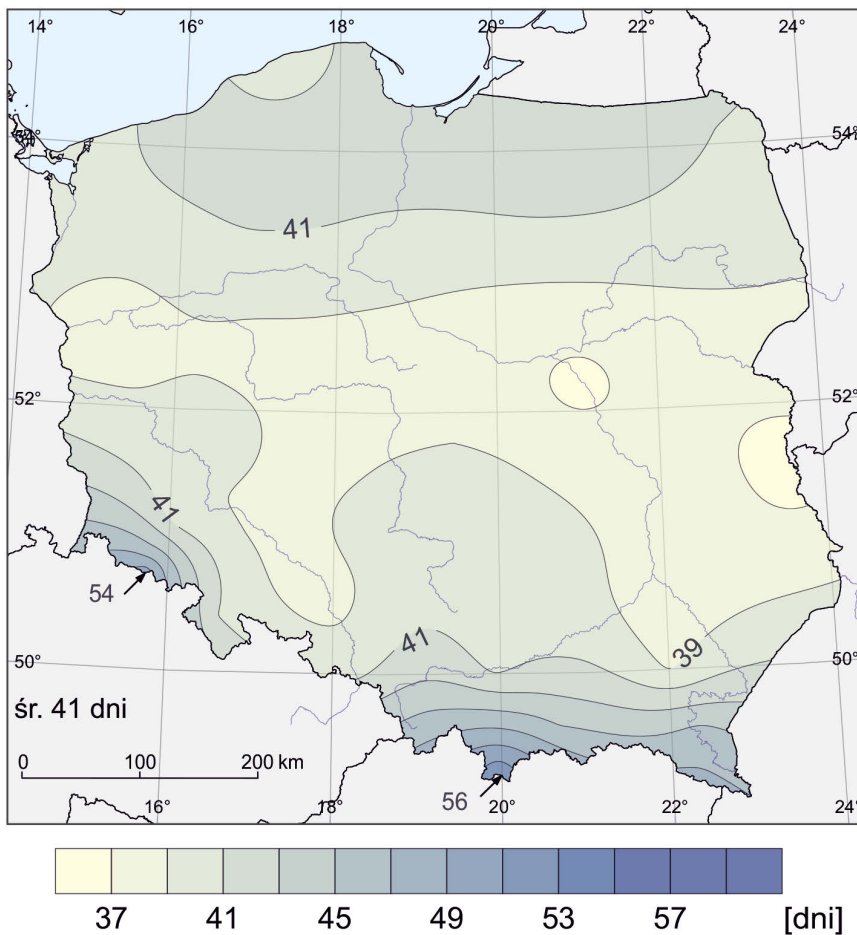




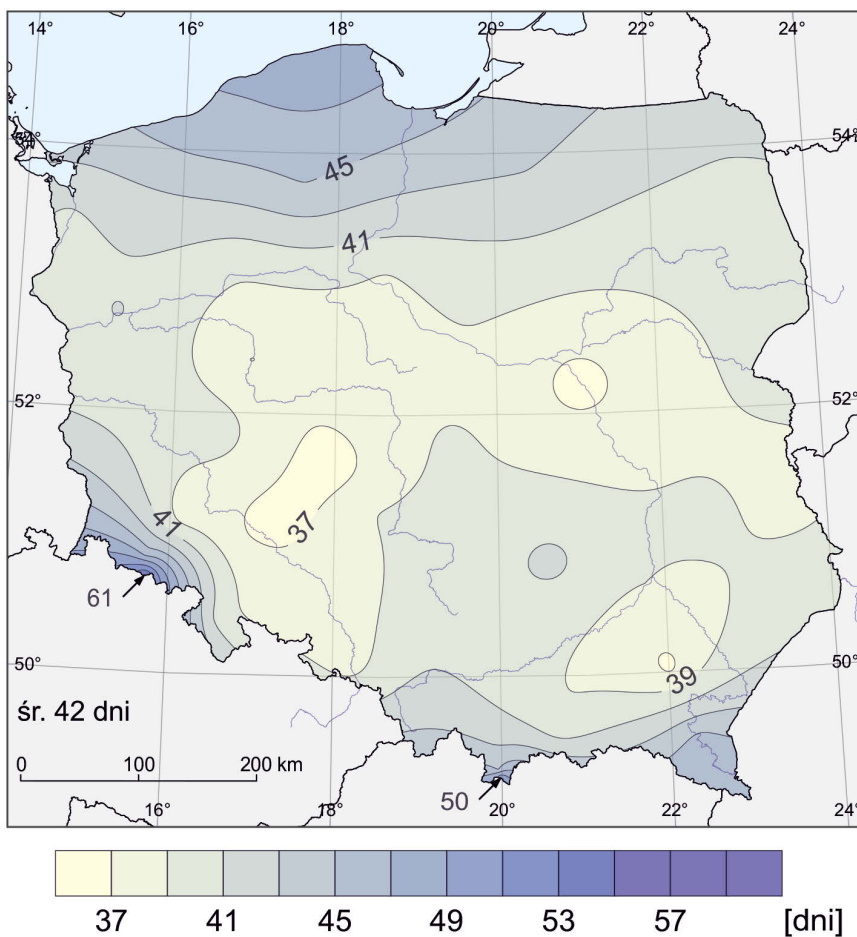
### Średnia liczba dni z opadem wiosną



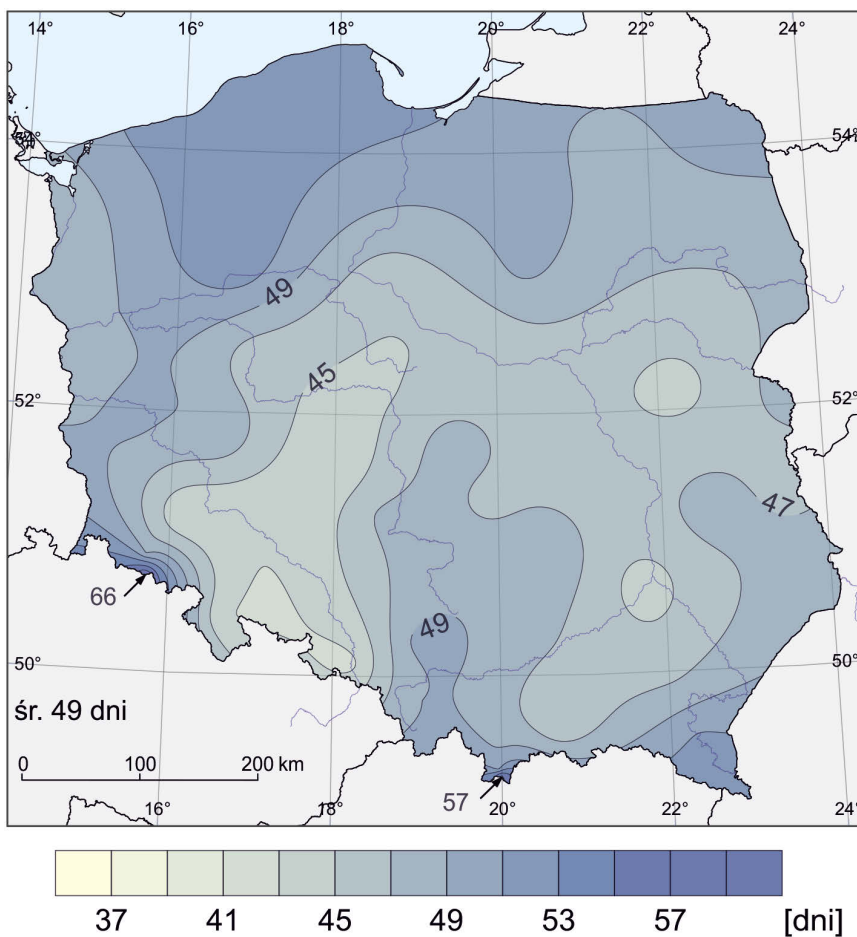
### Średnia liczba dni z opadem latem



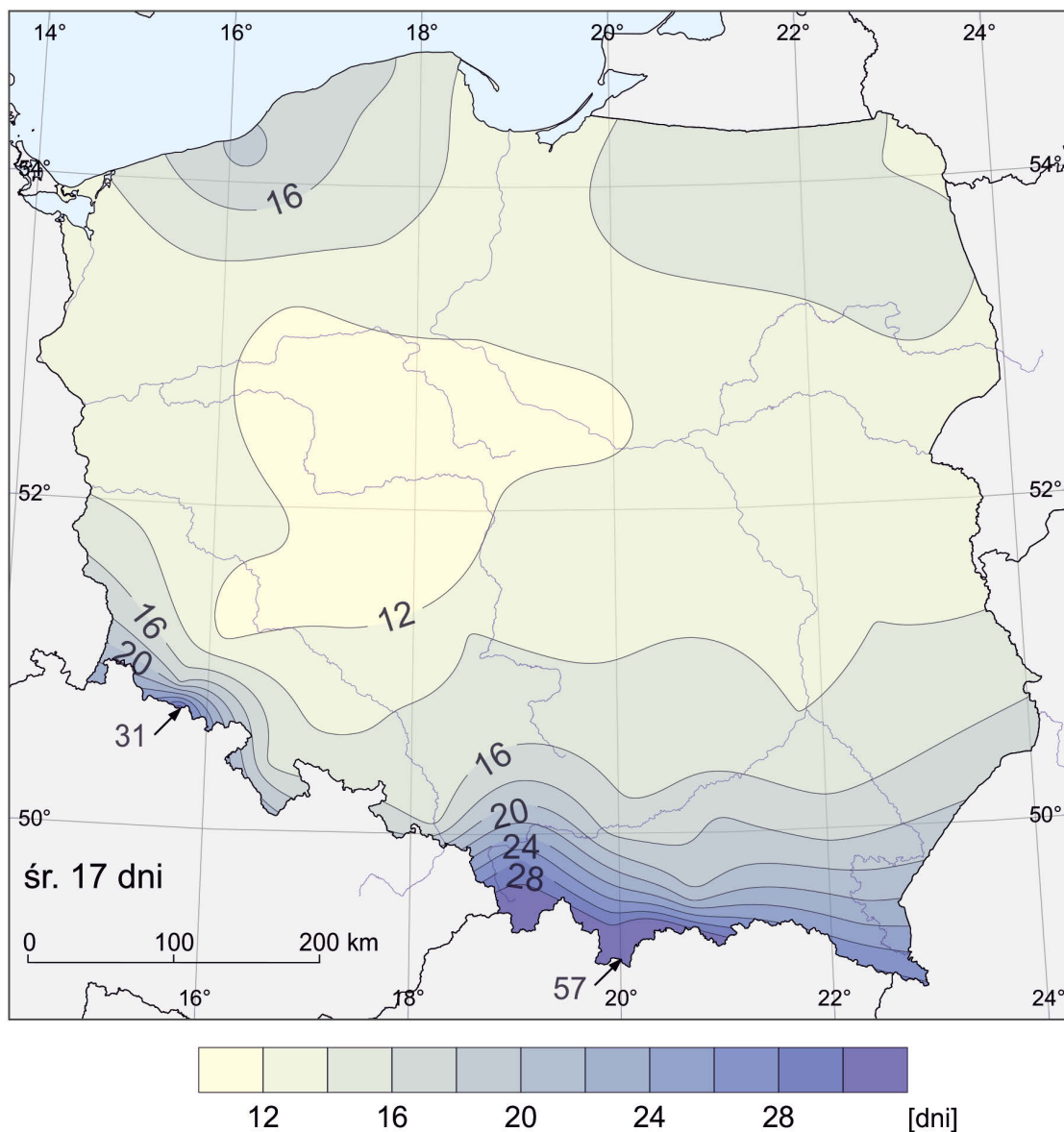
### Średnia liczba dni z opadem jesienią



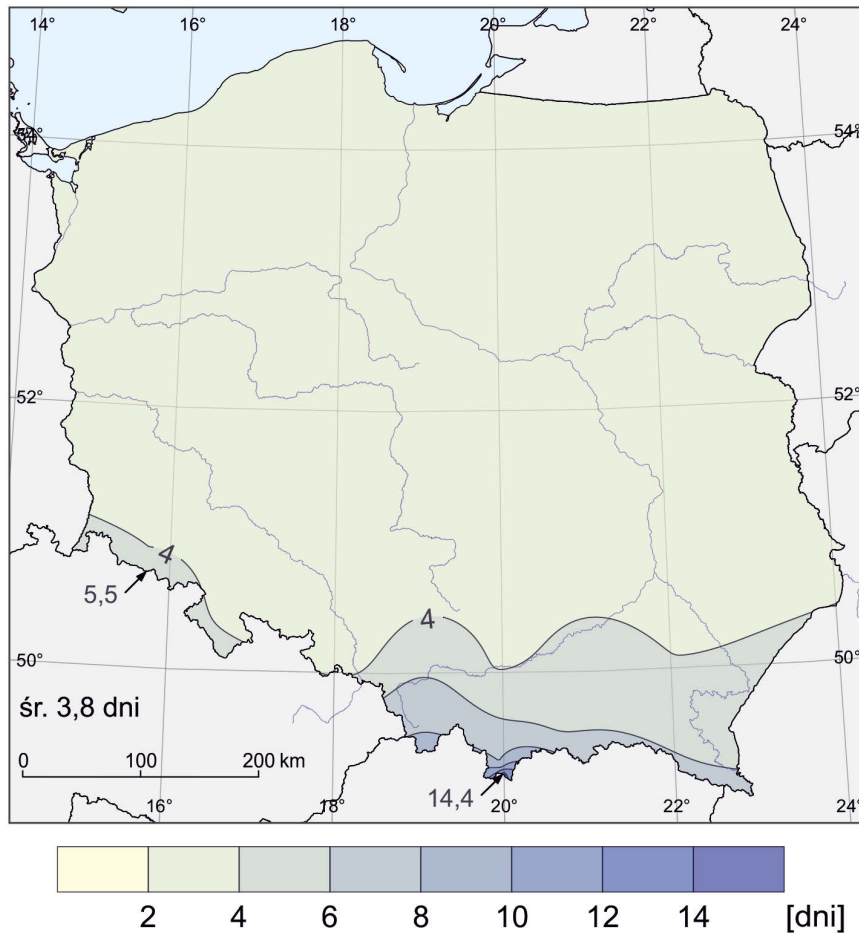
### Średnia liczba dni z opadem zimą



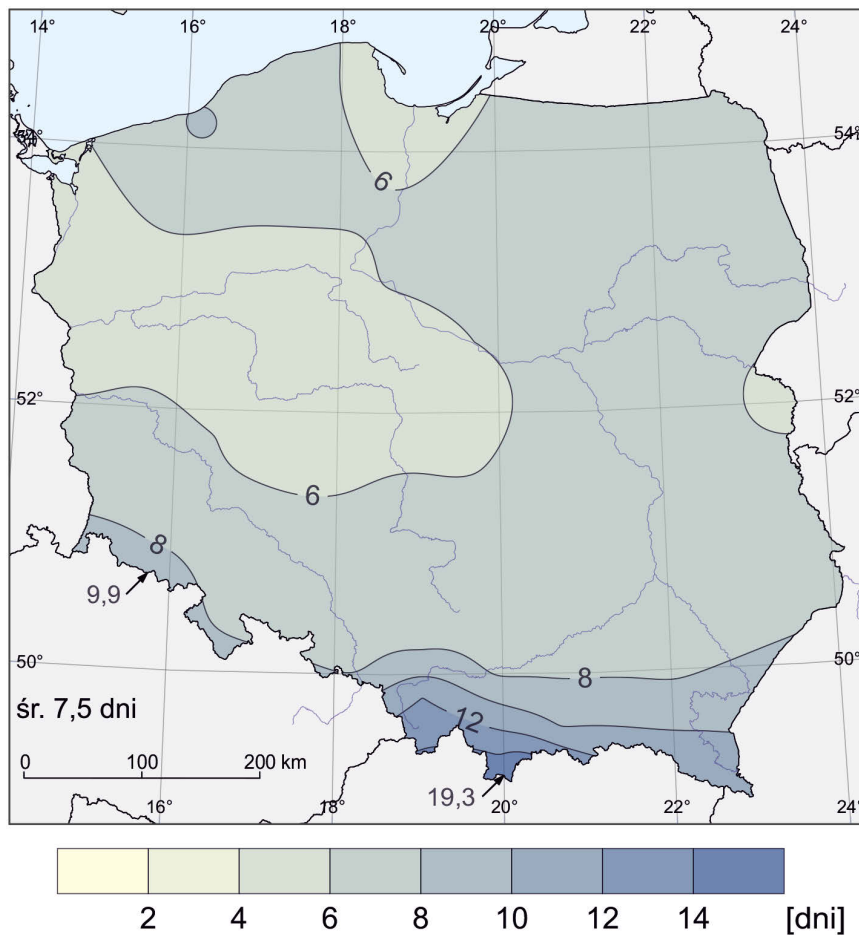
# Średnia roczna liczba dni z opadem >10 mm



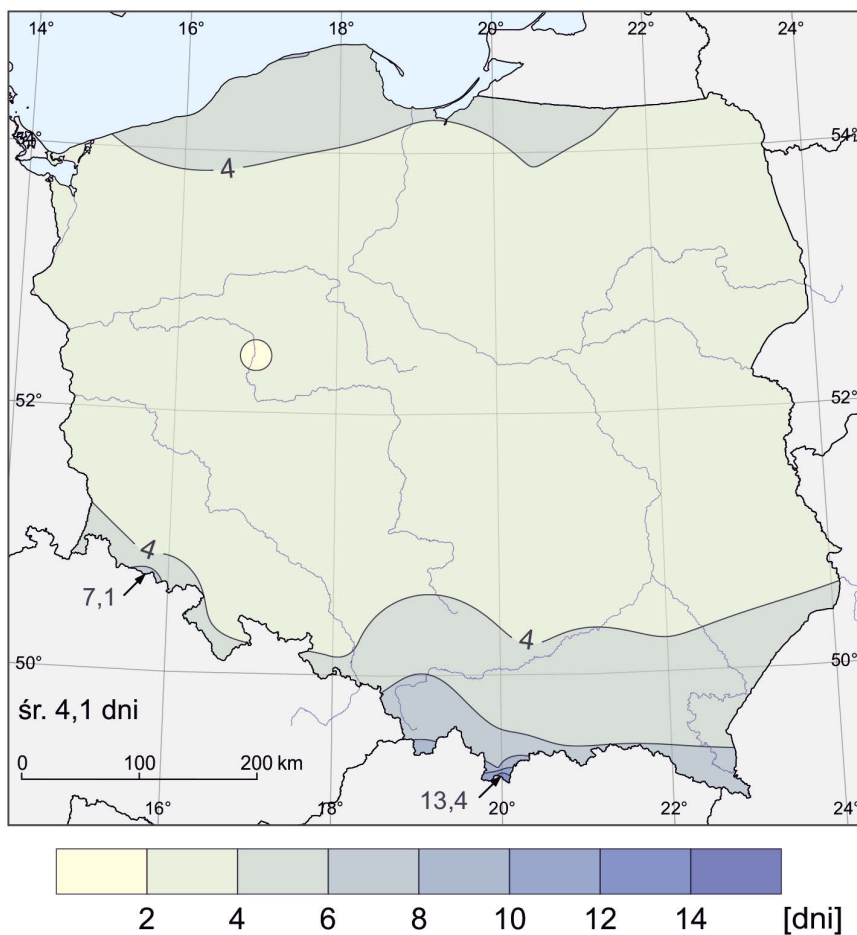
### Średnia liczba dni z opadem >10 mm wiosną



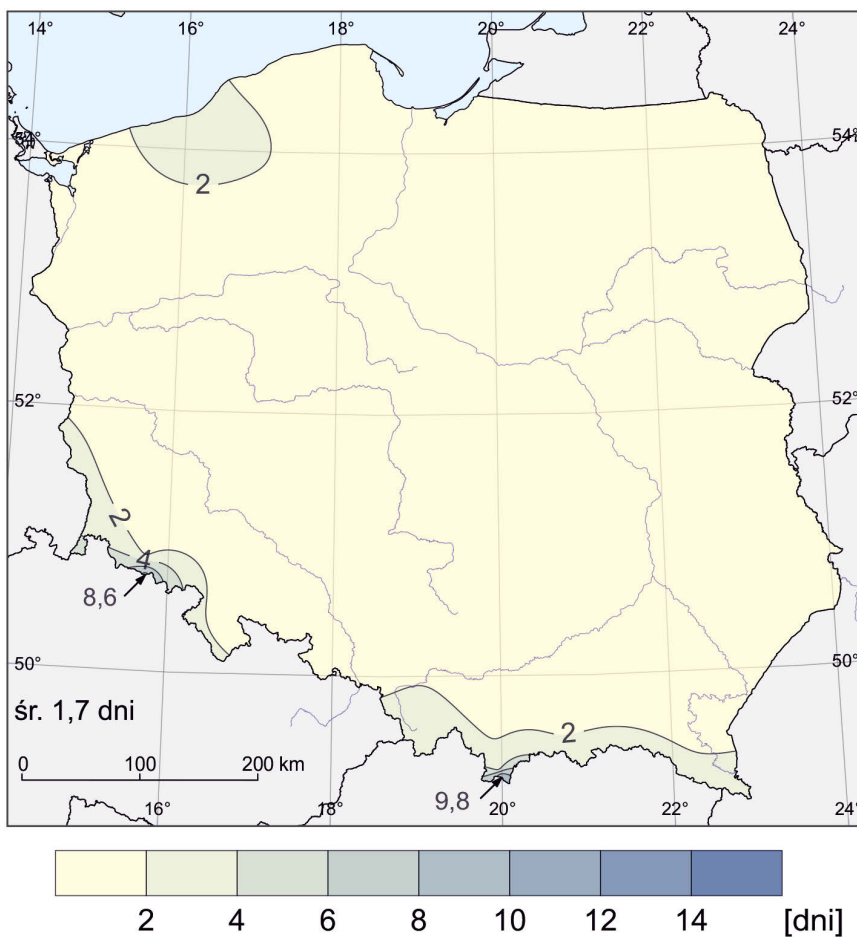
### Średnia liczba dni z opadem >10 mm latem



### Średnia liczba dni z opadem >10 mm jesienią

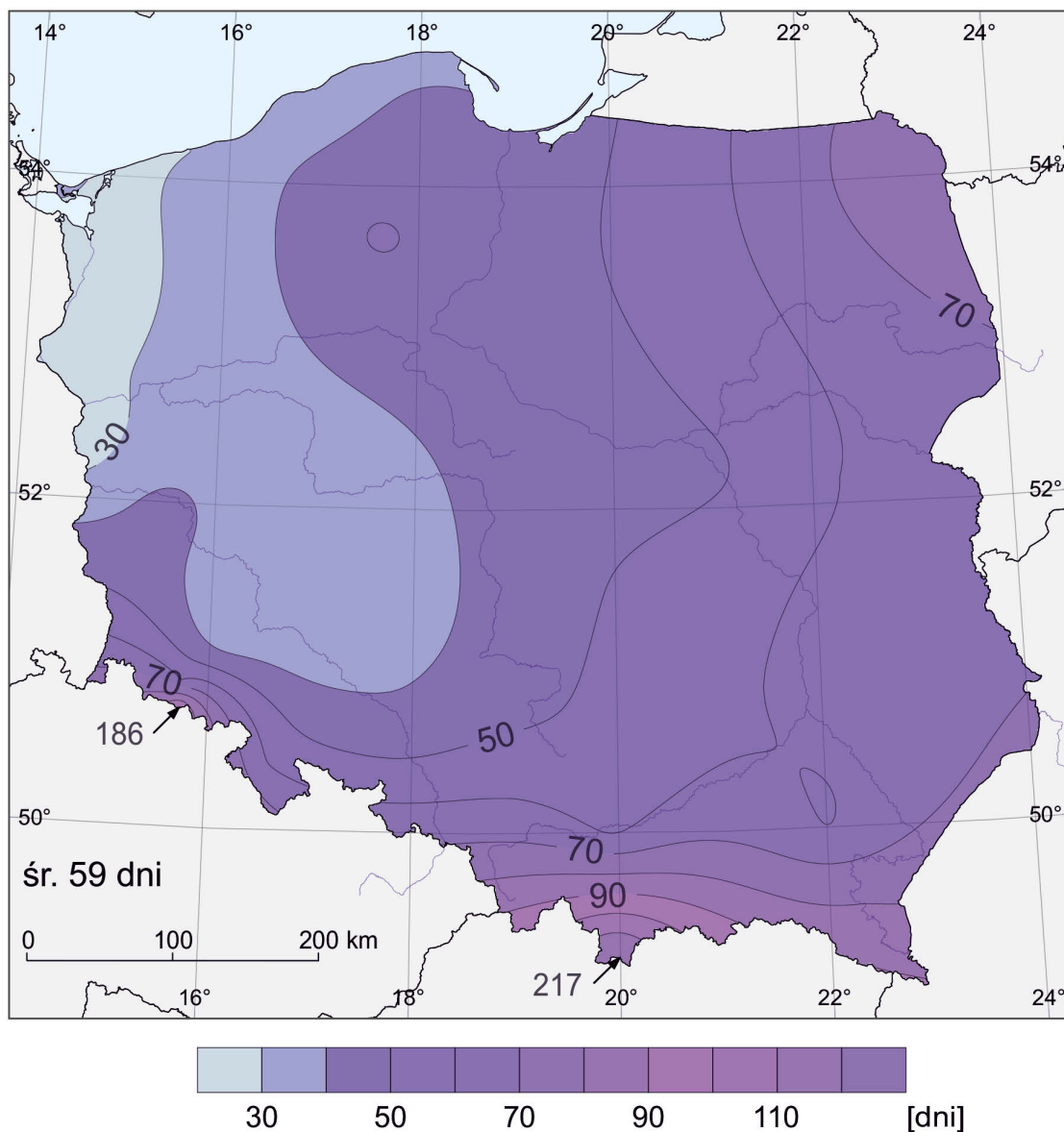


### Średnia liczba dni z opadem >10 mm zimą

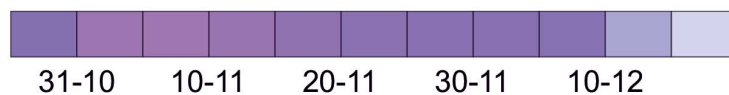
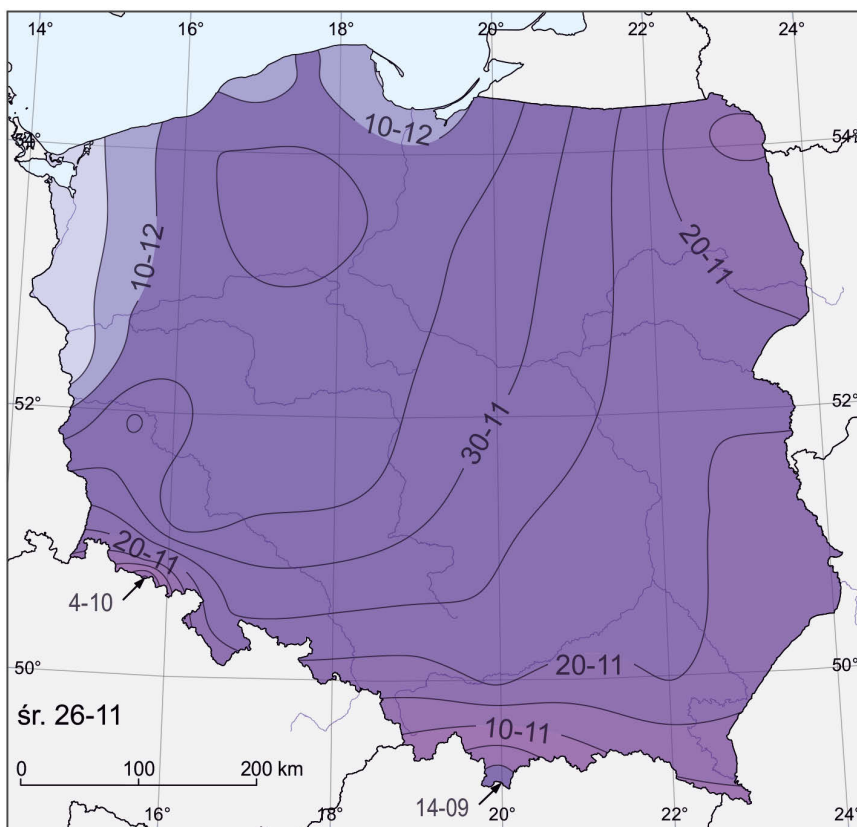




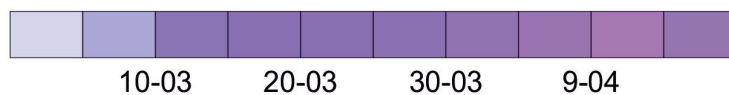
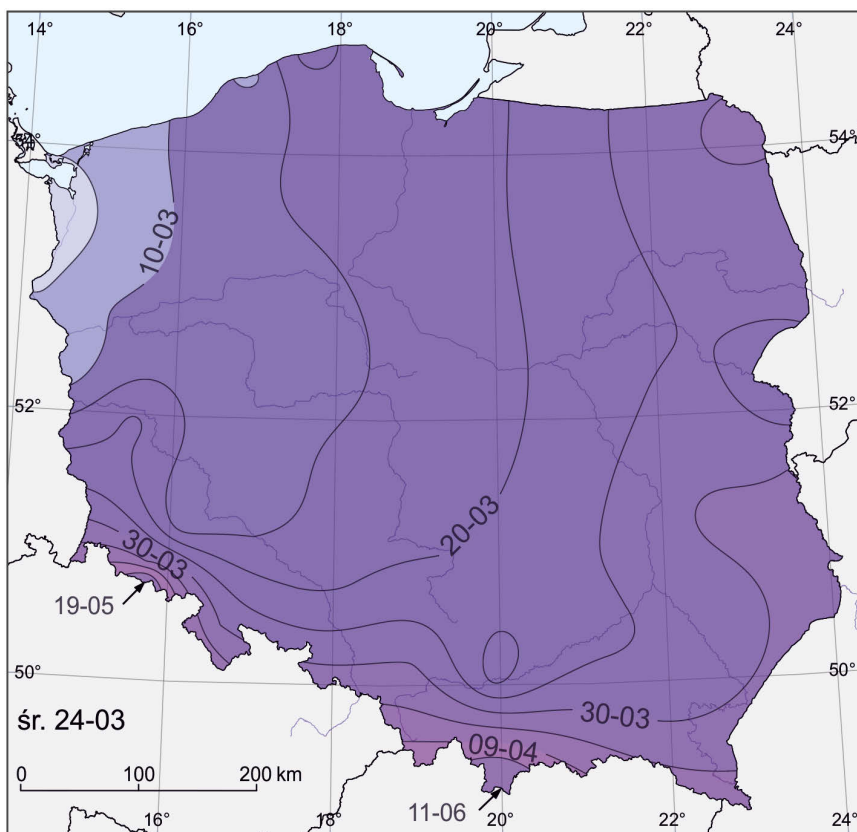
### Średnia sezonowa liczba dni z pokrywą śnieżną



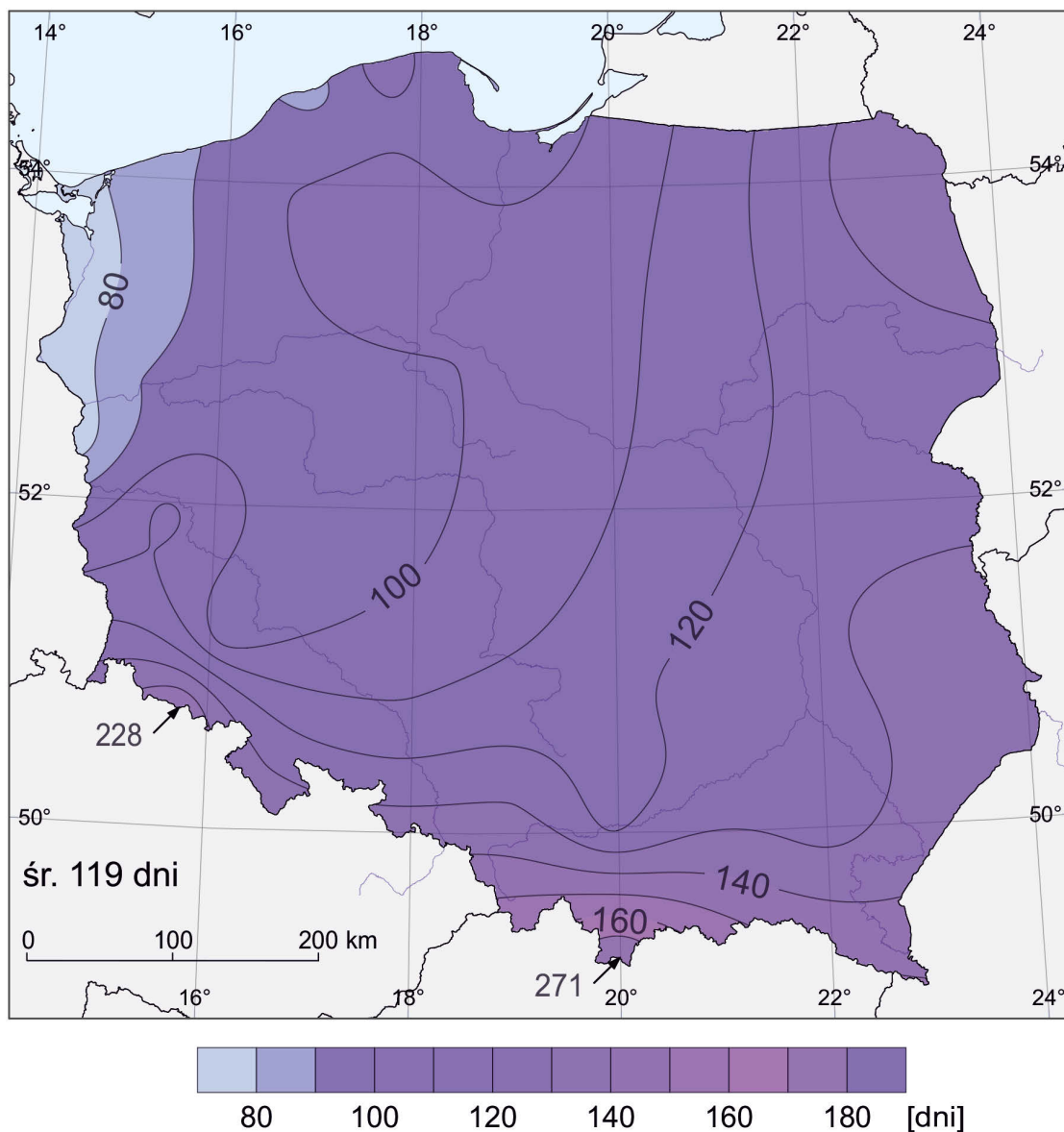
### Średnia data pierwszego wystąpienia pokrywy śnieżnej w sezonie zimowym



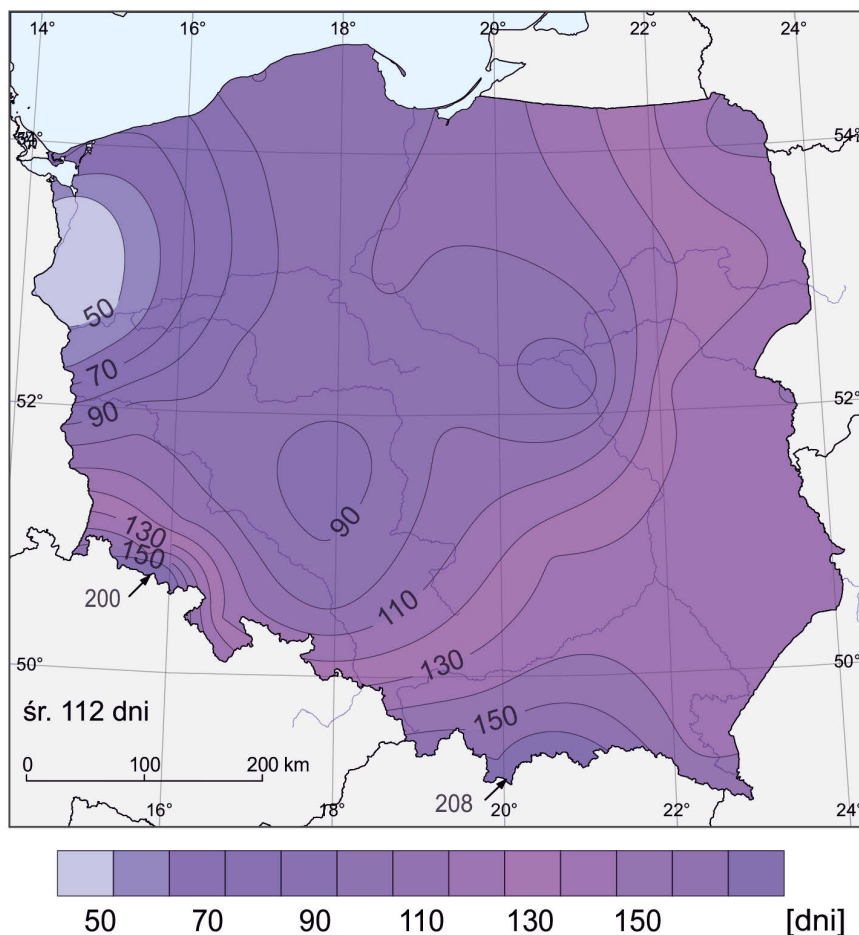
### Średnia data ostatniego wystąpienia pokrywy śnieżnej w sezonie zimowym



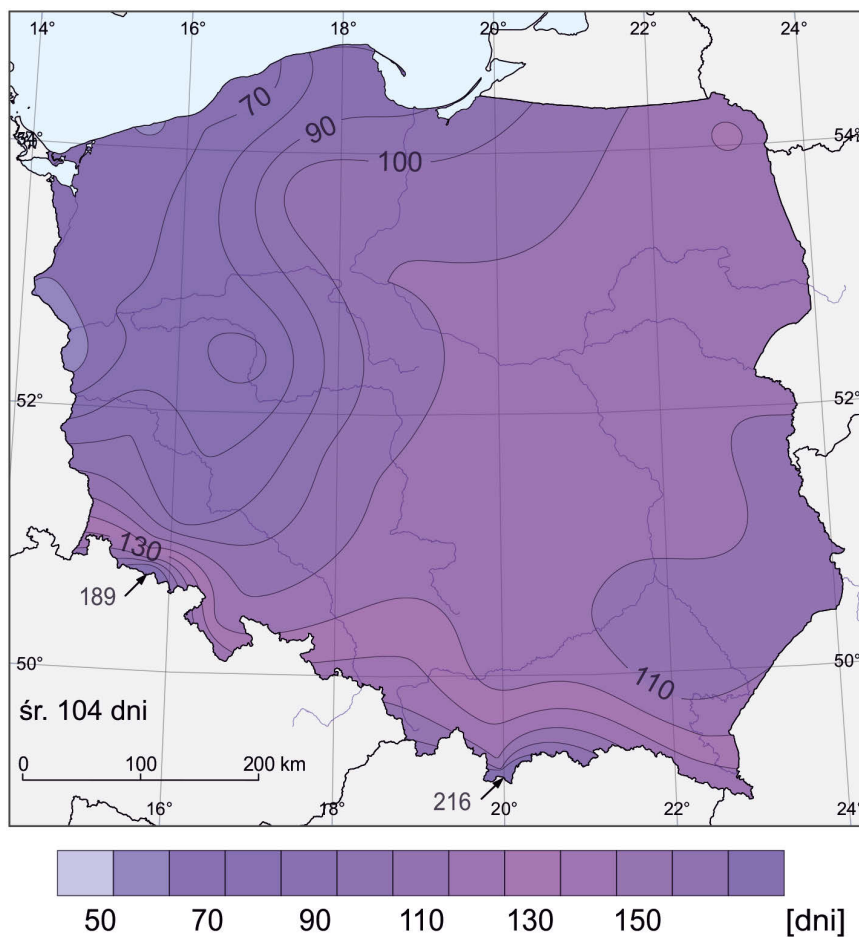
### Średnia potencjalna długość sezonu śnieżnego



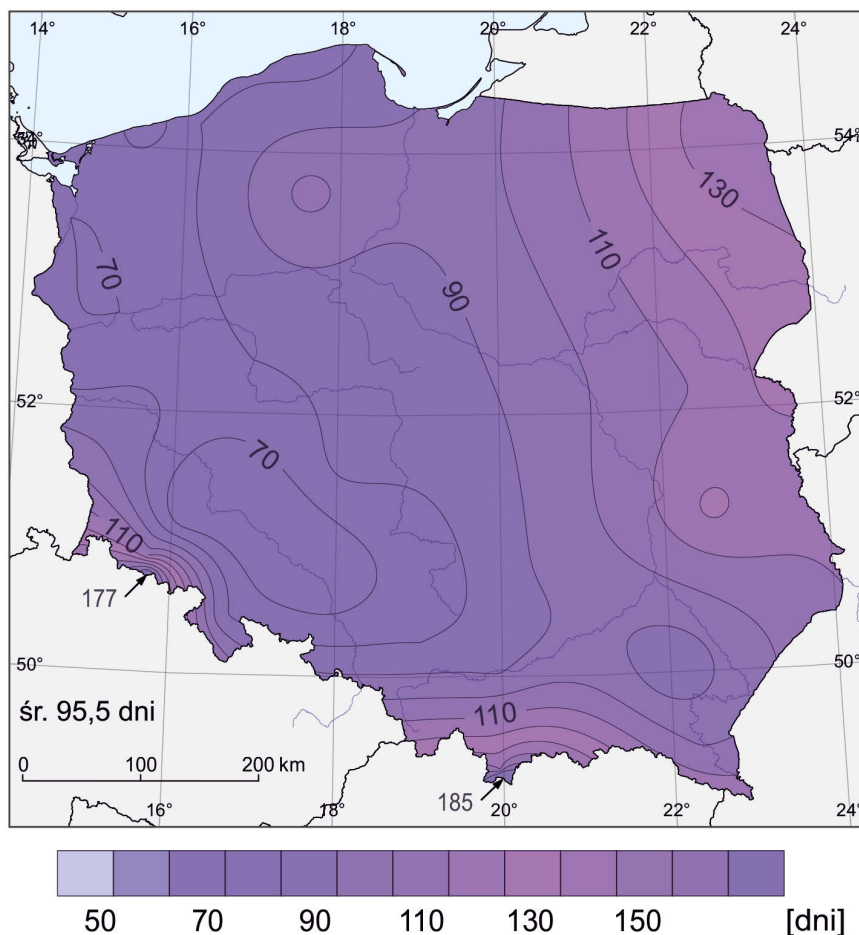
### Liczba dni z pokrywą śnieżną w długim sezonie śnieżnym 1995/1996



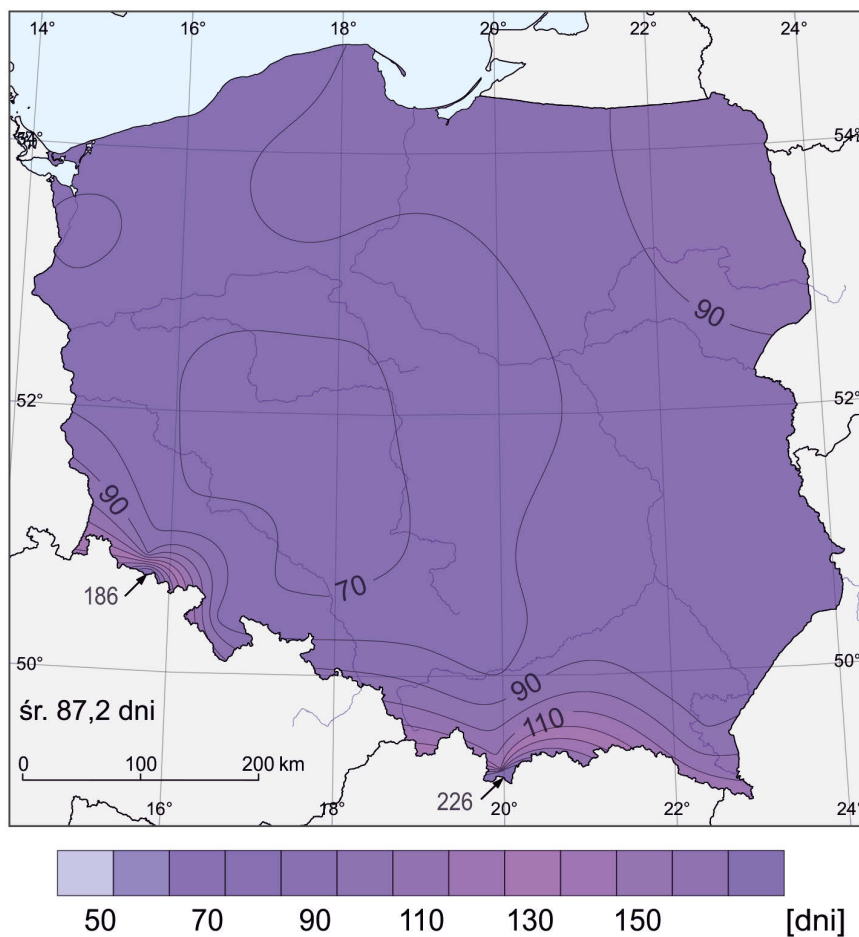
### Liczba dni z pokrywą śnieżną w długim sezonie śnieżnym 2005/2006



### Liczba dni z pokrywą śnieżną w długim sezonie śnieżnym 2012/2013

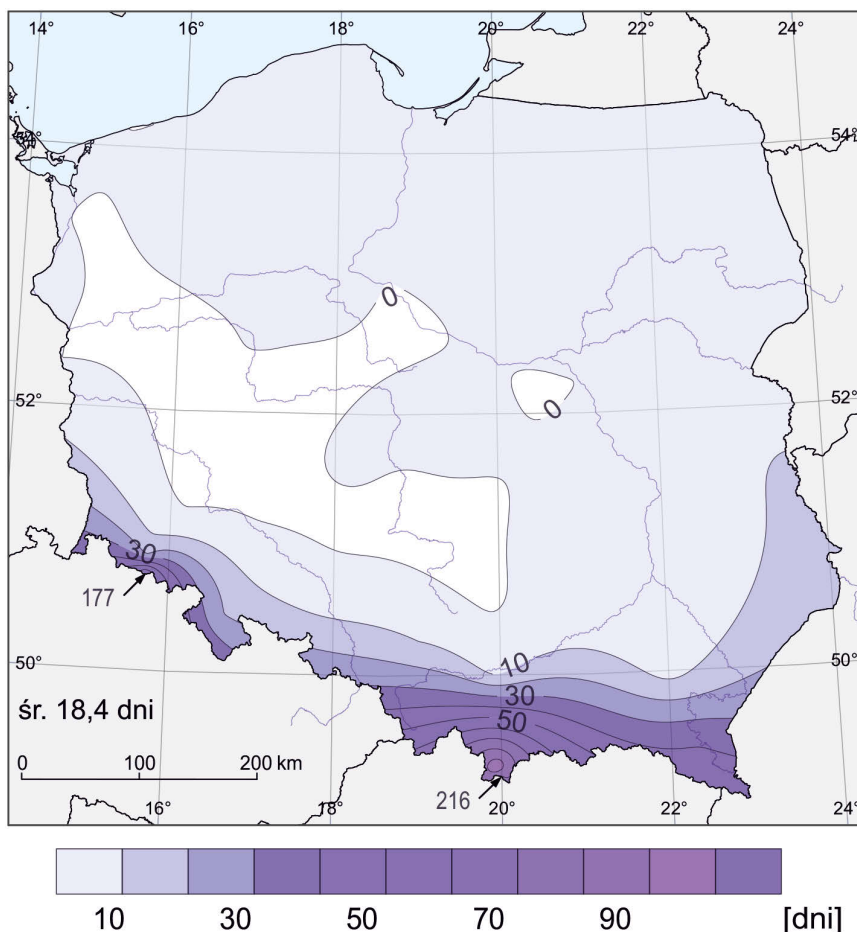


### Liczba dni z pokrywą śnieżną w długim sezonie śnieżnym 2009/2010

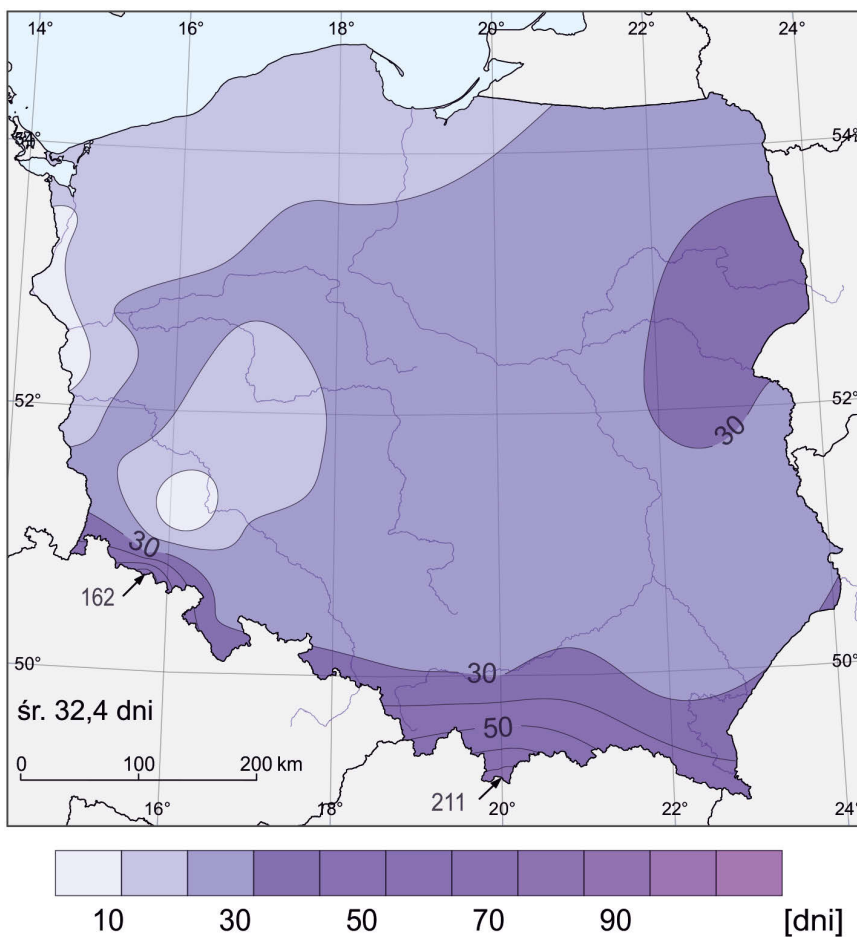




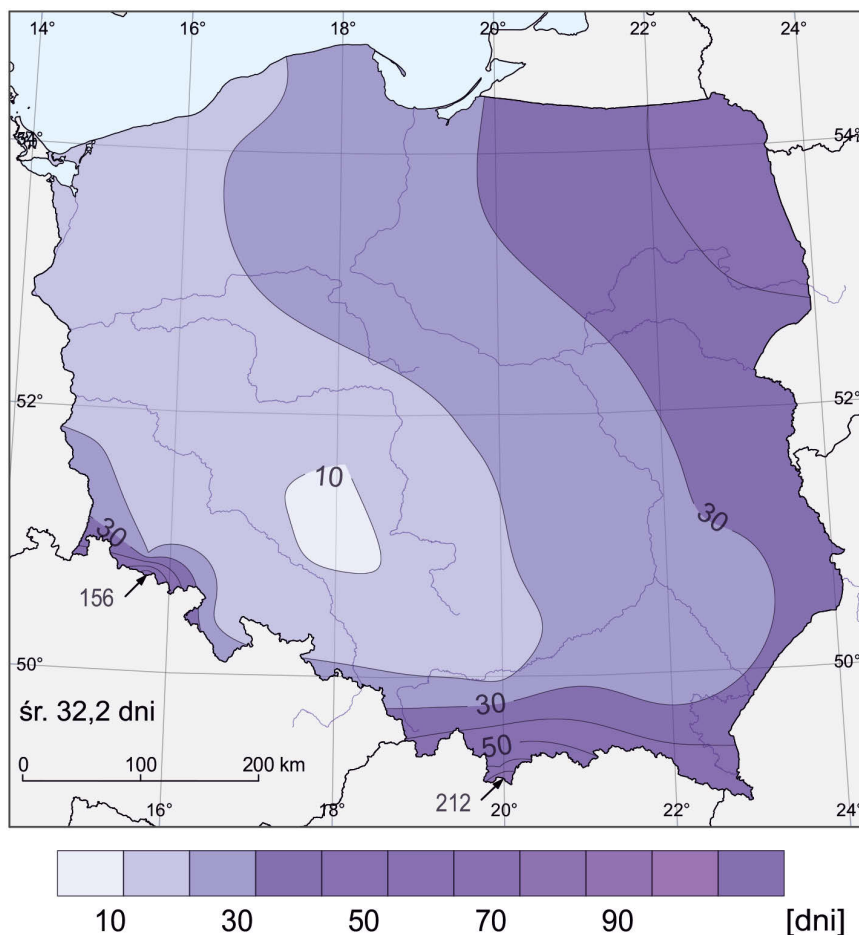
### Liczba dni z pokrywą śnieżną w krótkim sezonie śnieżnym 2019/2020



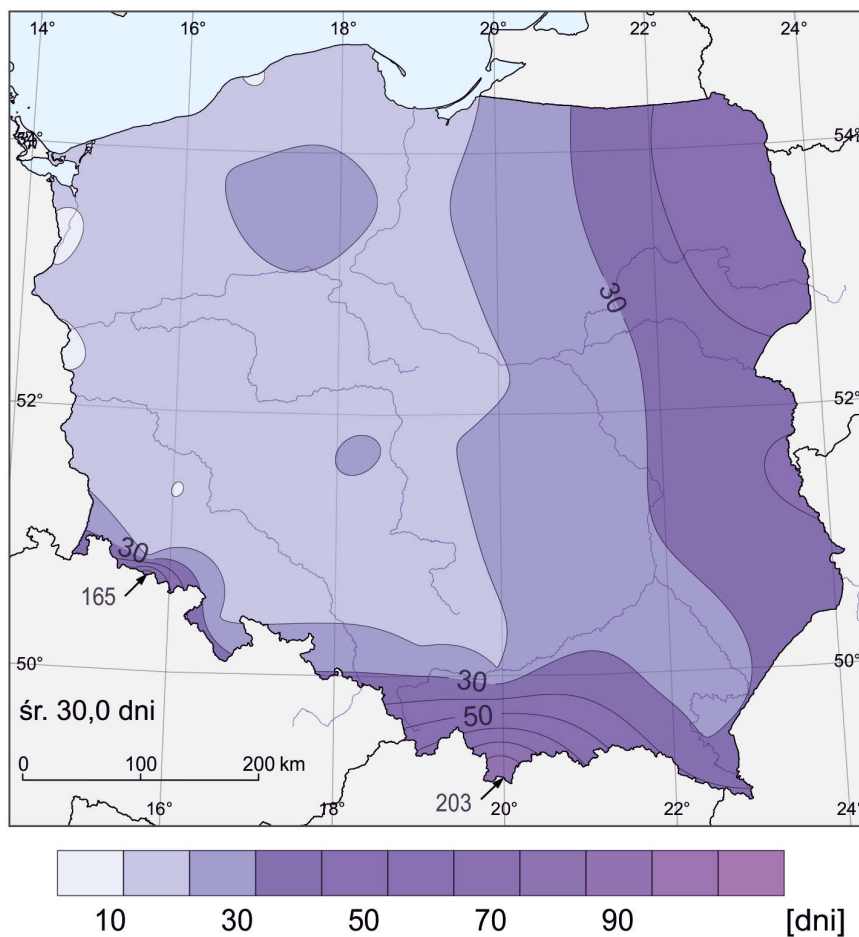
### Liczba dni z pokrywą śnieżną w krótkim sezonie śnieżnym 2015/2016



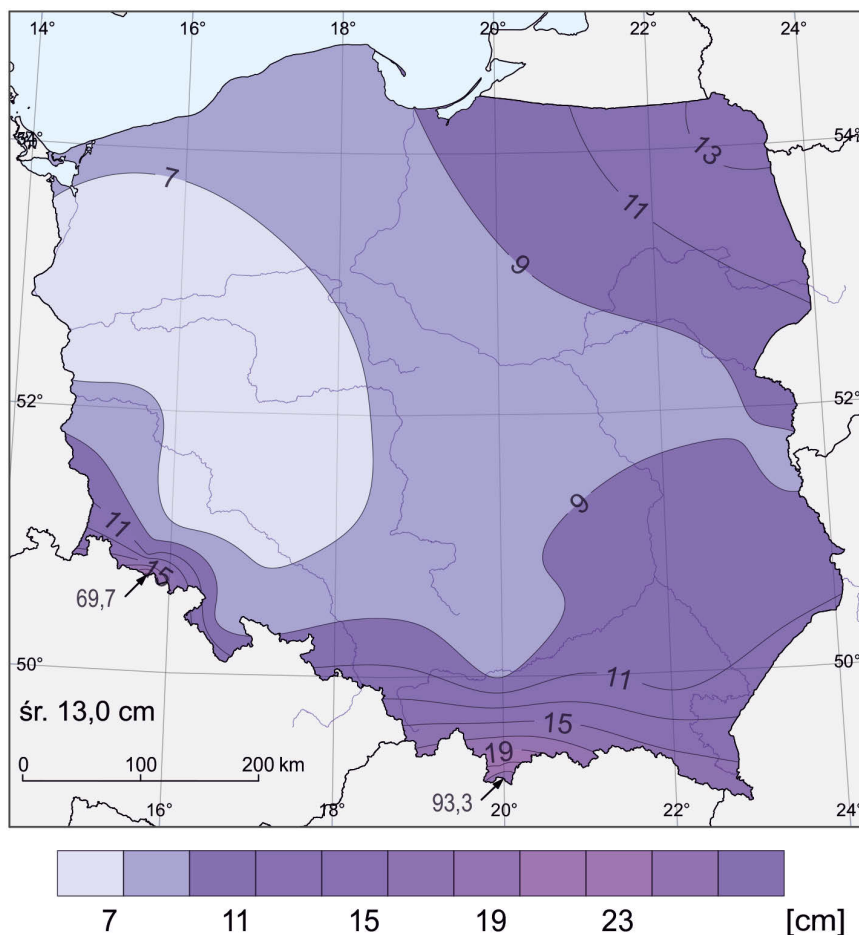
### Liczba dni z pokrywą śnieżną w krótkim sezonie śnieżnym 2013/2014



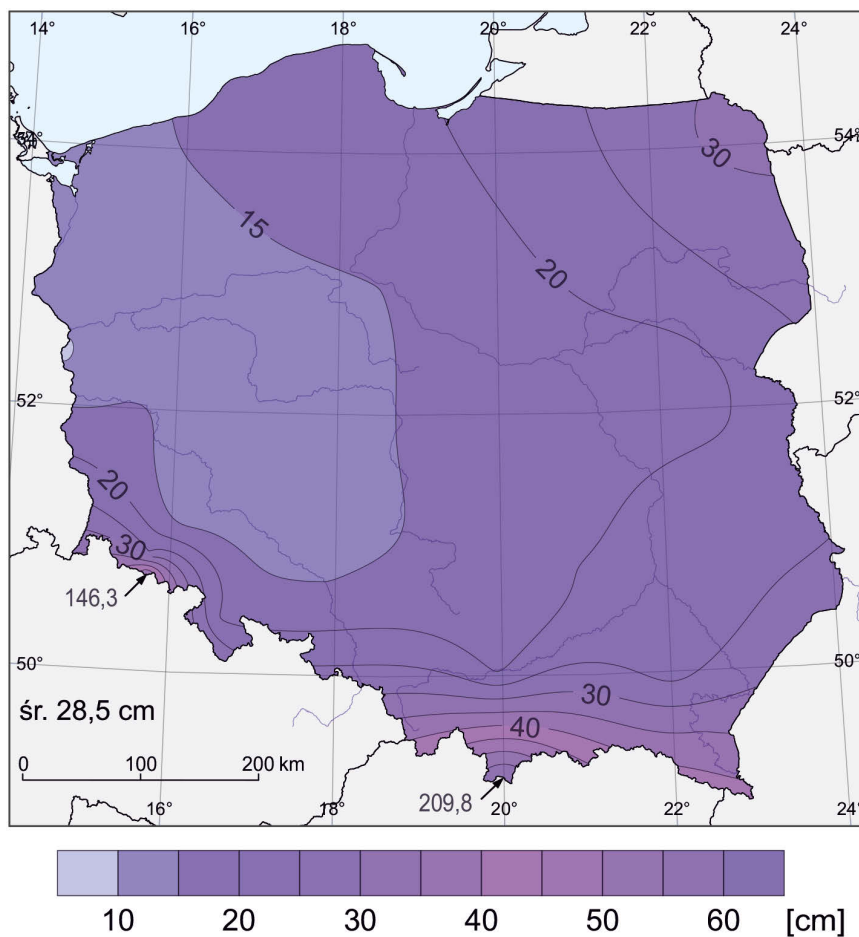
### Liczba dni z pokrywą śnieżną w krótkim sezonie śnieżnym 2006/2007



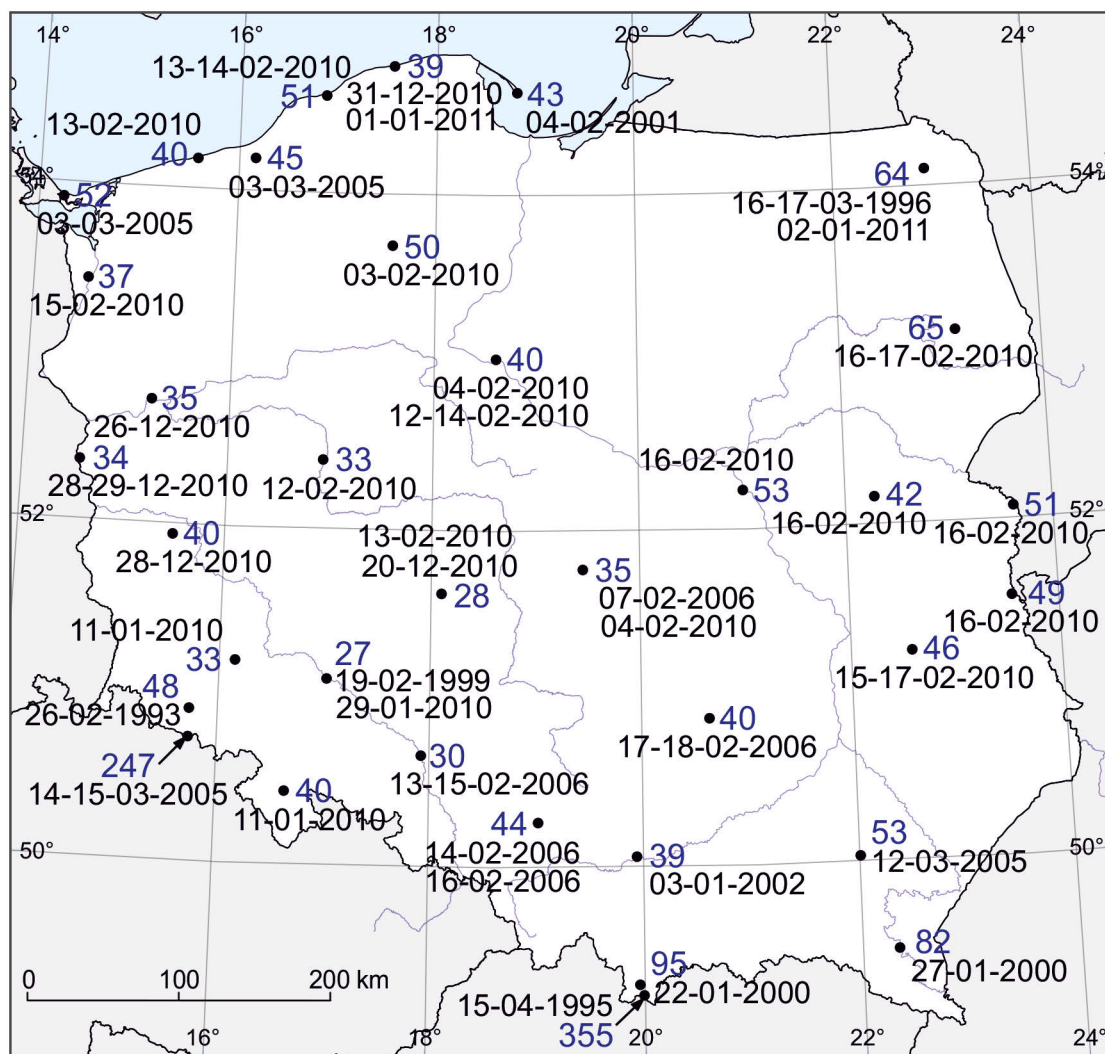
### Średnia grubość pokrywy śnieżnej



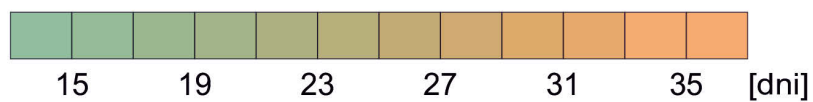
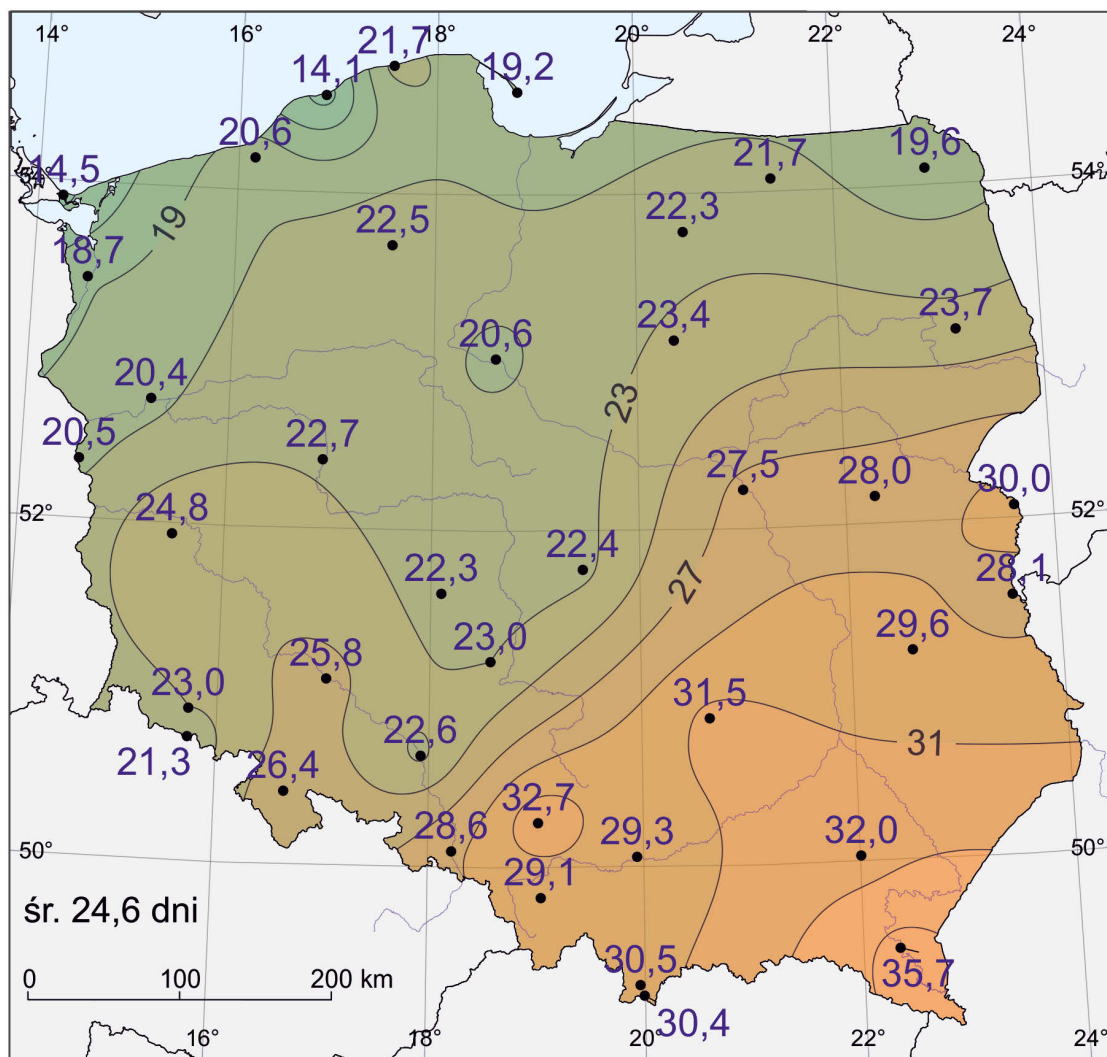
### Średnia maksymalna sezonowa grubość pokrywy śnieżnej



## Maksymalna grubość pokrywy śnieżnej (cm) z datą wystąpienia

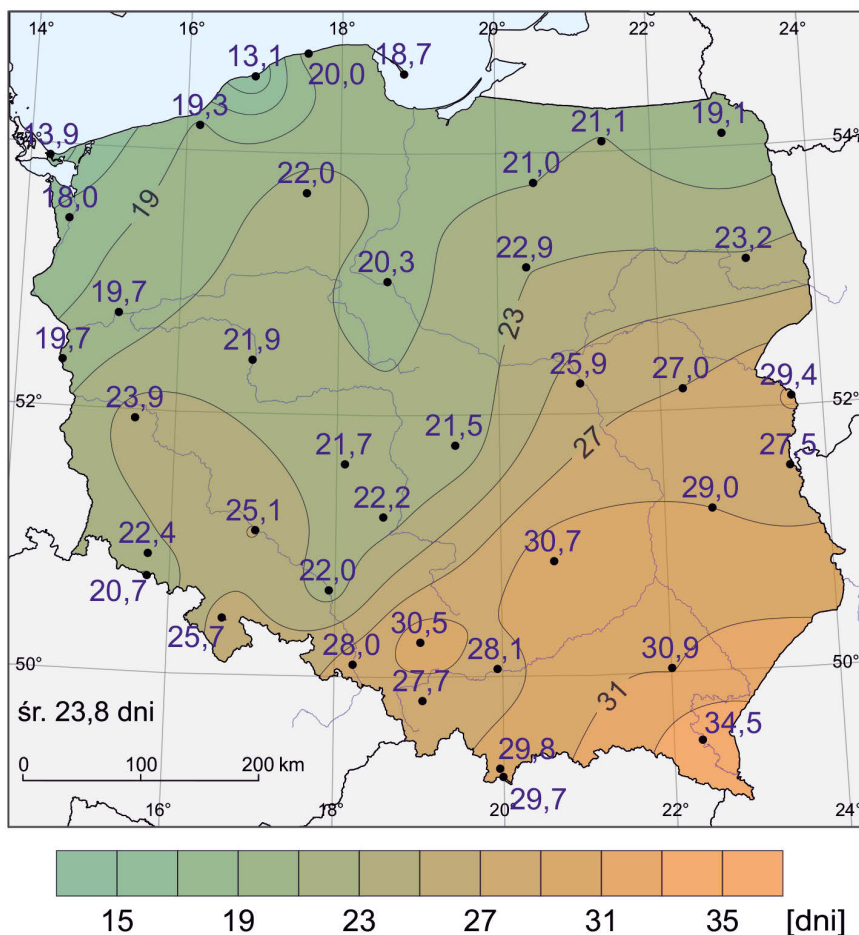


## Średnia roczna liczba dni z burzą

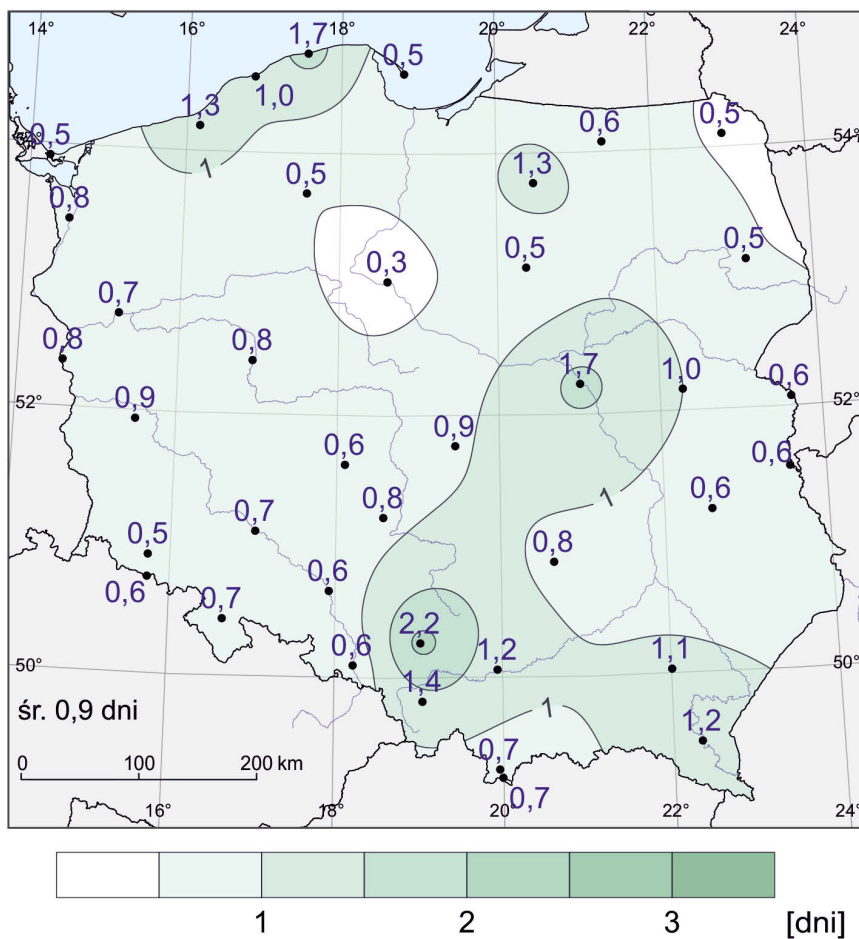




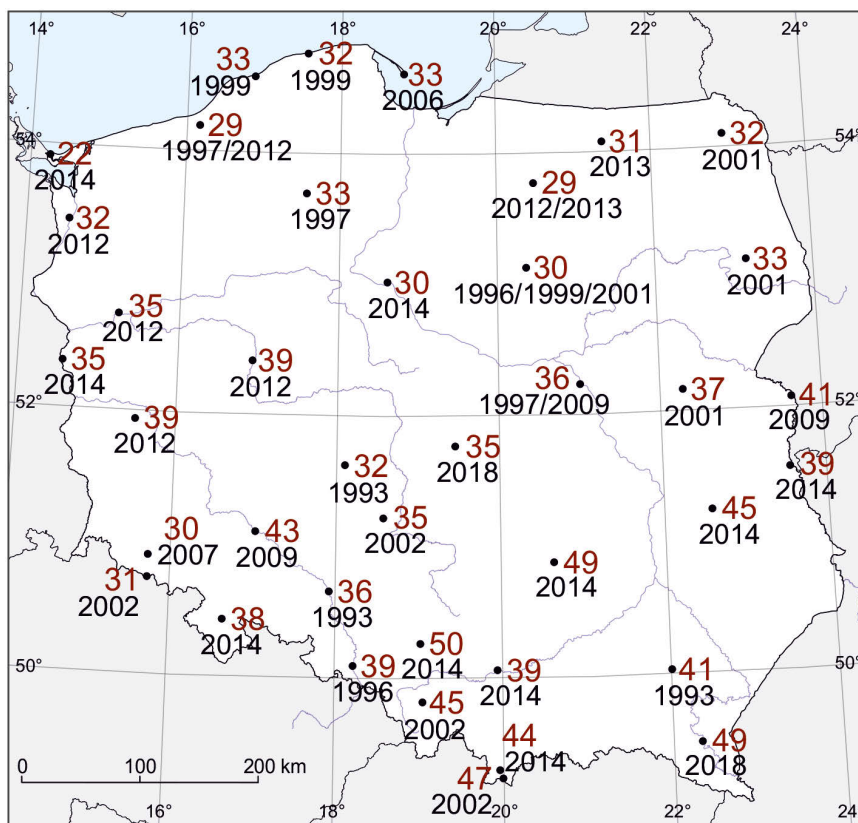
### Średnia liczba dni z burzą w ciepłej połowie roku (kwiecień–wrzesień)



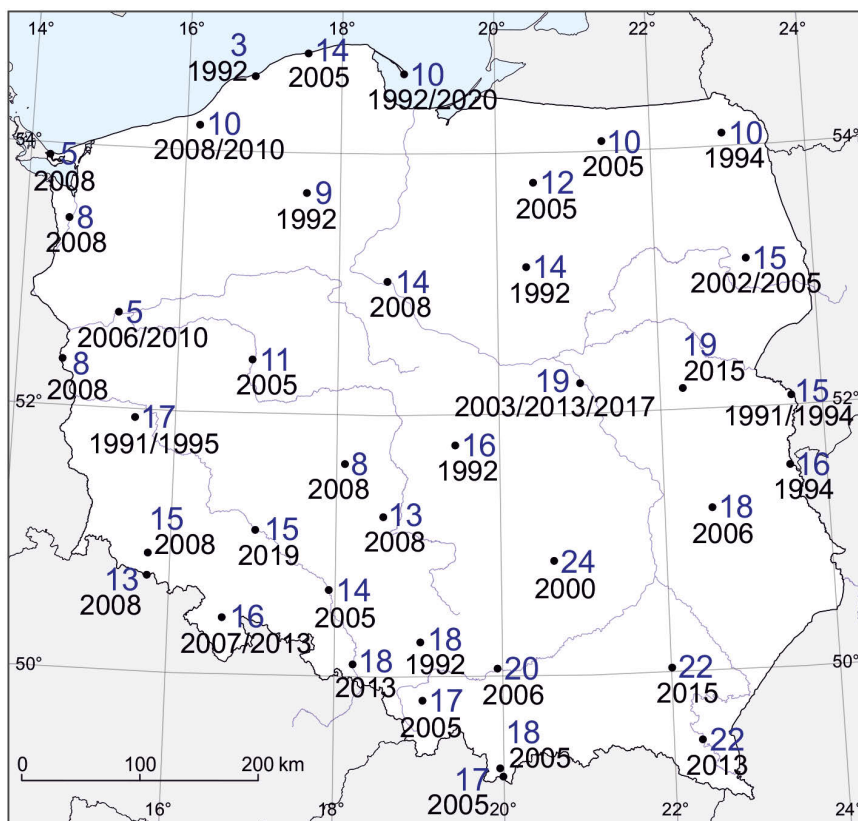
### Średnia liczba dni z burzą w chłodnej połowie roku (październik–marzec)



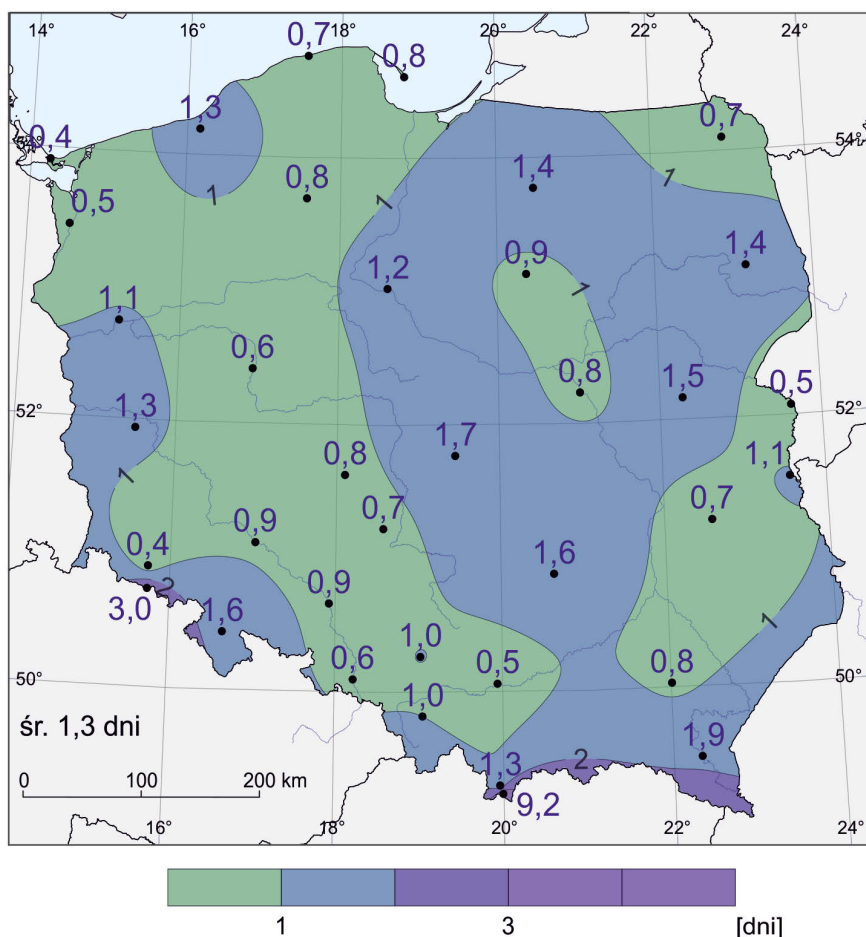
## Maksymalna roczna liczba dni z burzą z rokiem wystąpienia



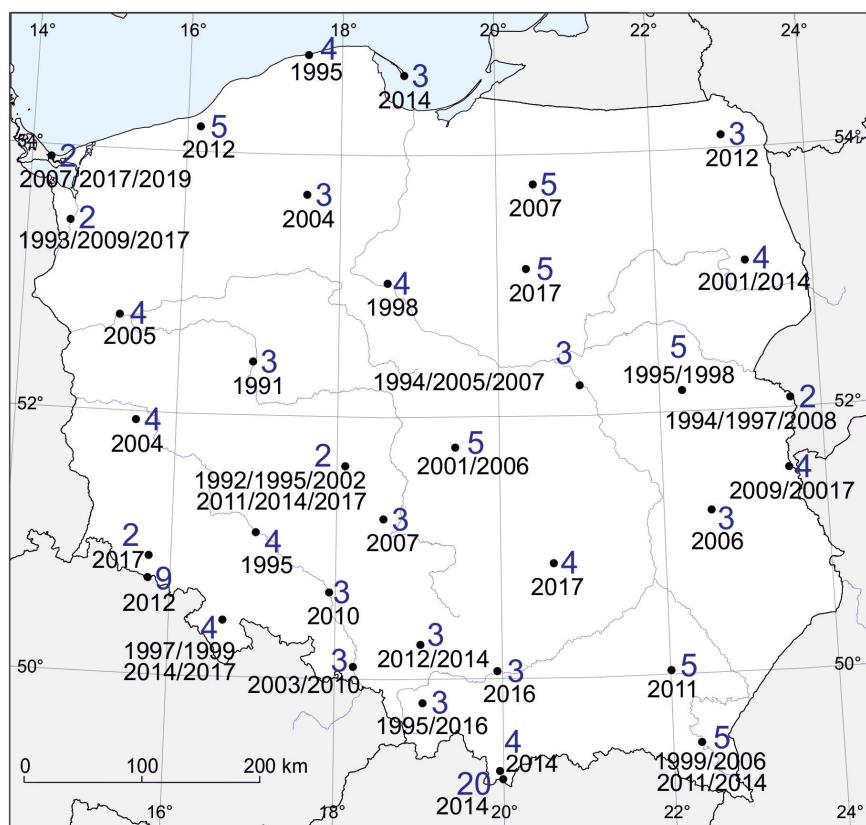
## Minimalna roczna liczba dni z burzą z rokiem wystąpienia



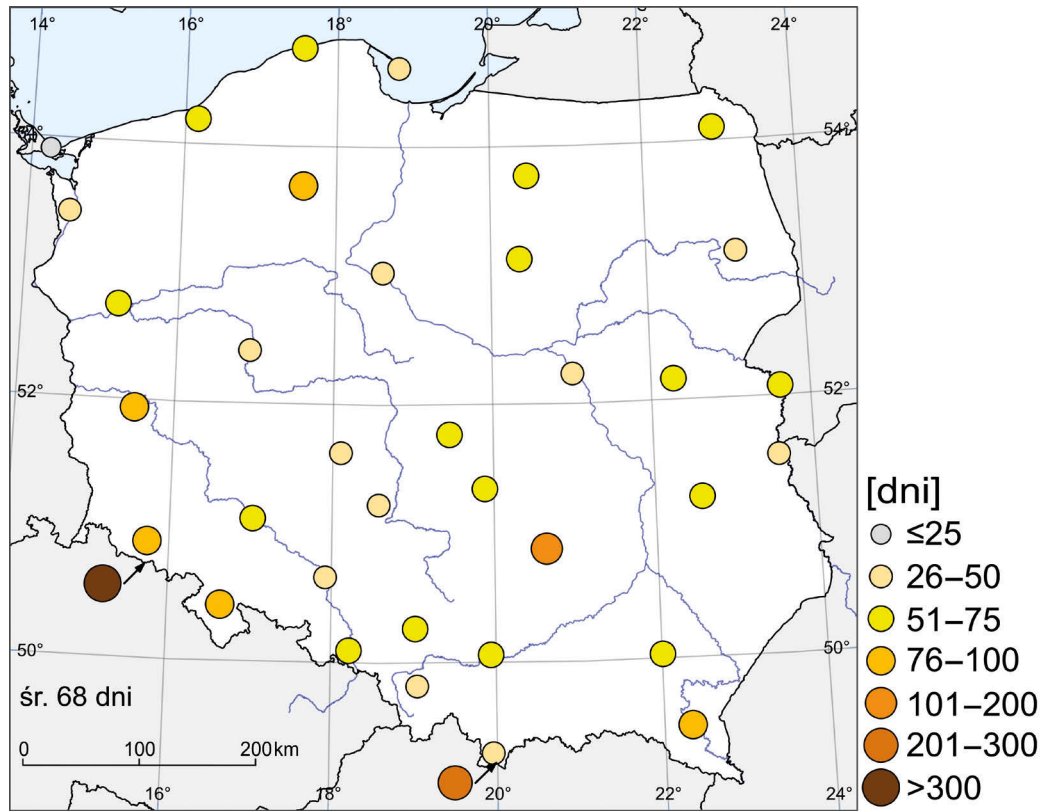
## Średnia liczba dni z gradem w okresie od kwietnia do września



## Maksymalna liczba dni z gradem w okresie od kwietnia do września z rokiem wystąpienia



# Średnia roczna liczba dni z mgłą







**Bogucki**  
WYDAWNICTWO  
NAUKOWE

ISBN 978-83-7986-415-7



9 788379 864157