

Analiza danych i zrozumienie prostych modeli klimatycznych



Grupa docelowa: dla szkoły ponadpodstawowej dla wszystkich klas profilowanych. Scenariusz ten może być nauczany niezależnie od pozostałych scenariuszy przygotowanych przez zespół ds. edukacji ekologicznej, w tym klimatycznej i poprawy ekologicznych warunków życia. Zaleca się jednak, aby lekcja ta została przeprowadzona po scenariuszach 1a lub 1b (w zależności od poziomu grupy) – Podstawy fizyczne klimatu, scenariuszu 2 - Naturalne vs. antropogeniczne czynniki klimatotwórcze; historia zmian klimatu w dziejach Ziemi oraz scenariuszu 3 – Woda i lód wspólne oddziaływanie na klimat.

Czas zajęć:

45 minut

Krótki opis scenariusza:

Scenariusz dotyczy 1 godziny zajęć lekcyjnych, która ma za zadanie:

- umożliwić uczniom i uczennicom poznanie najważniejszych charakterystyk klimatu,
- dać wskazówki do krytycznej analizy informacji o klimacie,
- uświadomić uczniom i uczennicom, że różne działania człowieka wpływają na klimat obecny i przyszły.

Metody pracy:



praca w grupach



burza mózgów



praca własna

Proponowane cele w języku nauczyciela/nauczycielki:

Uczniowie i uczennice:

- dowiedzą się, jakie charakterystyki klimatu są używane do jego oceny,
- poznają podstawowe informacje dotyczące modeli klimatycznych,
- wskażą, jakie działania człowieka niekorzystnie wpływają na klimat obecny i przyszły,
- porównają cechy klimatu obecnego i przyszłego w Polsce.

Proponowane cele w języku ucznia/uczennicy: :

- Poznam informacje o najważniejszych cechach klimatu.
- Wspólnie z kolegami i koleżankami opracuje opis klimatu obecnego i przyszłego wybranego regionu.
- Wspólnie z kolegami i koleżankami wskażę, jakie działania człowieka wpływają na klimat obecny i przyszły.



Przebieg lekcji

1. Przywitaj uczniów i uczennice, a następnie wprowadź w dzisiejszy temat lekcji. **[5 min]**
2. Podziel uczniów i uczennice na kilkuosobowe grupy i każdej oraz każdemu przekaż kartę informacyjną dotyczącą zagadnienia, które będą rozwiązywać. Poproś zespoły o zapoznanie się z przekazanymi informacjami oraz o wybranie najważniejszych informacji, które przedstawią pozostałym. **[10 min]**
3. Poproś każdy z zespołów o zaprezentowanie wybranych faktów reszcie uczniów i uczennic. **[15 min]**
4. W ramach podsumowania poproś młodzież, żeby odpowiedziała na pytanie, co szczególnie zwróciło jej uwagę, i zapisała odpowiedzi na karteczkach post-it. Następnie każdy przykleja swoją odpowiedź na wspólny arkusz papieru. Czy jest coś, co łączy te odpowiedzi? **[5 min]**

Wstęp

Rozpocznij od pytania czym jest klimat. Zachęć uczniów do wyjaśnienia pojęcia własnymi słowami.

Podsumuj odpowiedzi przytaczając definicję oraz wyjaśnienie potoczne.

Co to jest klimat?

W najprostszym rozumieniu klimat to wszystkie zjawiska pogodowe (obejmujące temperaturę, wiatr, zachmurzenie, nasłonecznienie czy ilość opadów), jakie obserwuje się przez wiele lat (zwykle jest to 30-letni przedział czasowy - okres referencyjny), aby ustalić ich średnie wartości i zakres zmienności tych wartości dla danego miejsca lub kraju.

Potocznie:

To czego spodziewasz się w danym miejscu i czasie na podstawie wieloletnich obserwacji.

Przypomnij, że stacje meteorologiczne wykonują obserwacje kilkakrotnie w ciągu każdego dnia (a tzw. stacje synoptyczne co godzinę) dostarczając informacji o podstawowych elementach klimatu.

Obserwacje trwające ok. **30 lat** (nie mniej jednak niż 10 lat!) pozwalają na określenie klimatu danego miejsca. Oblicza się wartości średnie wieloletnie oraz wartości coroczne, co pozwala na śledzenie zmian klimatu.

Na podstawie danych ze stacji pomiarowych można obliczyć różne cechy klimatu. Najczęściej wykorzystywanymi są: temperatura powietrza i suma opadów atmosferycznych. Dla danego okresu oblicza się także inne cechy klimatu, np.:

- wartości temperatury maksymalnej i minimalnej,
- liczbę dni upalnych, gorących, mroźnych i bardzo mroźnych,
- maksymalną dobową sumę opadu,
- liczbę dni z opadem i dni bez opadu,
- zachmurzenie nieba,
- liczby godzin ze słońcem,
- średnią i maksymalną prędkość wiatru,
- liczbę dni z silnym wiatrem,
- liczbę dni z wiatrem słabym i z ciszą atmosferyczną.

Podziel uczennice i uczniów na 4-5 grup i powiedz, że zajmiecie się dziś sposobami analizy danych klimatycznych i podstawowymi informacjami o modelach klimatycznych.

Każda z grup dostanie inne zadanie do wykonania, a na zakończenie lekcji przedstawi kolegom i koleżankom wyniki swojej pracy.

Uwaga! Trudność zadań rośnie wraz z numerem grupy! Do scenariusza dołączono 6 propozycji grup – nie musisz przeprowadzać wszystkich ćwiczeń; dopasuj trudność zadania do poziomu wiedzy i umiejętności klasy oraz poszczególnych uczniów i uczennic.

Grupa 1. Uzupełnianie tekstu w oparciu o informacje klimatyczne

Panujący w Polsce klimat określany jest jako umiarkowany ciepły przejściowy, co oznacza, że cechuje go dość duża zmienność pogody w ciągu roku. Wynika to m.in. z położenia Polski w centrum kontynentu europejskiego, na szerokościach geograficznych 54°50'–49°00', do których dociera określona ilość ciepła słonecznego oraz bliskości Oceanu Atlantyckiego, mającego znaczenie łagodzące klimat Polski¹. Lato w Polsce charakteryzuje się stosunkowo wysoką temperaturą, głównie dzięki napływowi ciepłego powietrza z południowego wschodu i południowego zachodu. Zimą natomiast, temperatura spada, kiedy nad Polskę nadciąga powietrze z północy i znad Syberii. Również rozkład opadów jest nierównomierny – ok. 2/3 rocznych opadów przypada na miesiące letnie. Najmniejsze sumy opadów obserwuje się w Wielkopolsce, na Kujawach i Mazowszu.

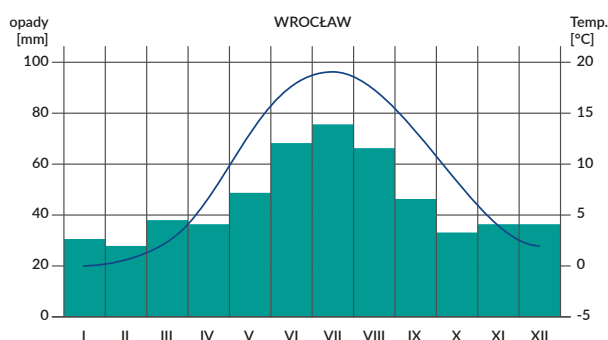
Rysunek 1 poniżej przedstawia średnie miesięczne wartości temperatury i sumy opadów dla czterech miast w Polsce – Wrocławia, Warszawy, Suwałk i Świnoujścia. Ponieważ miasta te zlokalizowane są w różnych częściach kraju, na podstawie poniższych wykresów można wysunąć wnioski o klimacie Polski. Spróbuj opisać, jak przedstawione cechy klimatu (temperatura i suma opadów) zmieniają się wraz z lokalizacją, uzupełniając tekst poniżej. Pamiętaj jednak, że ćwiczenie to jest uproszczone - dla pełnego obrazu klimatu Polski potrzebowalibyśmy o wiele więcej informacji i dużą liczbę wykresów!

Legenda:

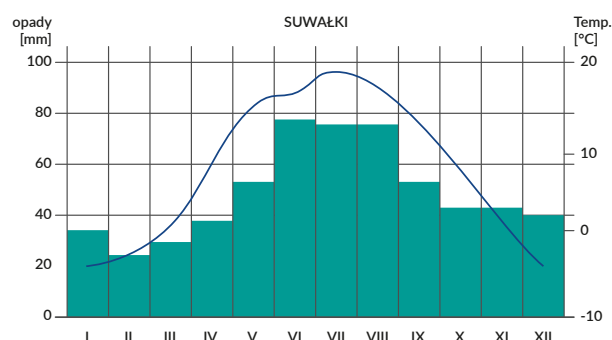
Średnie wartości temperatury powietrza dla każdego miesiąca przedstawione są na Rys. 1 za pomocą czerwonej linii. Wartość tej temperatury dla danego miesiąca można odczytać na skali po prawej stronie.

Średnie sumy opadów dla każdego miesiąca przedstawione są na Rys. 1 za pomocą niebieskich kolumn. Zakończenie kolumny wskazuje średnią sumę opadów dla każdego miesiąca. Wartość tej sumy opadów dla danego miesiąca można przeczytać na skali po lewej stronie.

a)

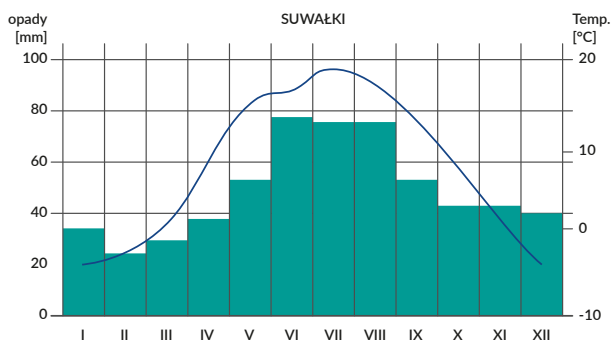


b)

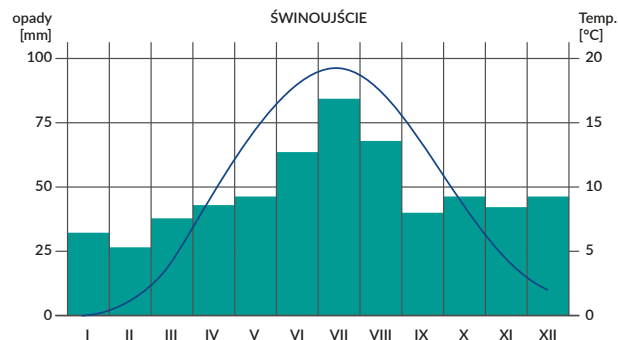


¹ Bliskość Oceanu Atlantyckiego powoduje, że zimy w Polsce są cieplejsze, a lata chłodniejsze. Obecność oceanu powoduje również zwiększenie ilości opadów.

c)



d)



Rys. 1. Klimatogramy² wybranych miast w Polsce: a) Wrocławia b) Warszawy c) Suwałk i d) Świnoujścia. Wykresy przedstawiają średnią miesięczną temperaturę powietrza oraz średnią miesięczną sumę opadów dla tych miejsc.

Źródło: <https://geografia.gozych.edu.pl/klimat-polski/>; data dostępu: 22.04.2022 r.

Wpisz: 103 mm, klimatogramy, lipiec, zimowych, 20oC, styczeń, poniżej zera, Warszawę, suma opadów, wschodniej, grudzień, Mazowszu, Wrocław, Suwałkach (x2), luty

Rysunek 1 przedstawia _____ dla wybranych miejscowości w Polsce – Wrocławia, Warszawy, Suwałk i Świnoujścia. Najwyższa średnia temperatura dla miesięcy letnich została odnotowana w miejscowości _____ w miesiącu _____. Temperatura ta osiągnęła wartość prawie _____. Natomiast dla miesięcy zimowych, to w _____ odnotowano najniższą temperaturę. Jej wartość spadła do _____ w miesiącach _____, _____ i _____. Istnieje duże prawdopodobieństwo, że w miesiącach tych w _____ wszelkie opady przyjęły stan stały, tworząc pokrywę lodową³.

Średnia _____ w Polsce w poszczególnych miesiącach również ulega zmianom. Zgodnie z Rysunkiem 1, najmniejsze opady występują w miesiącach _____. Spośród czterech przedstawionych miejscowości, najbardziej suche zimy charakteryzują _____. Średnia suma opadów dla miesięcy zimowych wynosi ok. _____.

Porównując wykresy z Rysunku 1, można wywnioskować, że temperatura zimą osiąga najniższe wartości we _____ części Polski, natomiast najmniejsze opady występują na _____.

Odpowiedź:

Rysunek 1 przedstawia **klimatogramy** dla wybranych miejscowości w Polsce – Wrocławia, Warszawy, Suwałk i Świnoujścia. Najwyższa średnia temperatura dla miesięcy letnich została odnotowana w miejscowości **Wrocław** w miesiącu **lipcu**. Temperatura ta osiągnęła wartość prawie **20°C**. Natomiast dla miesięcy zimowych, to w **Suwałkach** odnotowano najniższą temperaturę. Jej wartość spadła **poniżej zera** w miesiącach: **styczeń, luty i grudzień**. Istnieje duże prawdopodobieństwo, że w miesiącach tych w **Suwałkach** wszelkie opady przyjęły stan stały, tworząc pokrywę lodową.

Średnia **suma opadów** w Polsce w poszczególnych miesiącach również ulega zmianom. Zgodnie z Rysunkiem 1, najmniejsze opady występują w miesiącach **zimowych**. Spośród czterech przedstawionych miejscowości, najbardziej suche zimy charakteryzują **Warszawę**. Średnia suma opadów dla miesięcy zimowych wynosi ok. **103 mm**.

Porównując wykresy z Rysunku 1, można wywnioskować, że wartość temperatury zimą osiąga najniższe wartości we **wschodniej** części Polski, natomiast najmniejsze opady występują na **Mazowszu**.

² Klimatogram to graficzne przedstawienie (np. w formie wykresu) cech klimatu (np. temperatury, opadów) dla danego miejsca.

³ Jak pamiętasz z lekcji nr 3 z cyklu „Klimatologia”, woda przyjmuje trzy stany skupienia – stały (lód), ciekły (woda) i gazowy (para wodna). Stan ciekły przechodzi w stan stały przy temperaturach poniżej 0oC (choć wpływ na to zjawisko mają również inne czynniki).

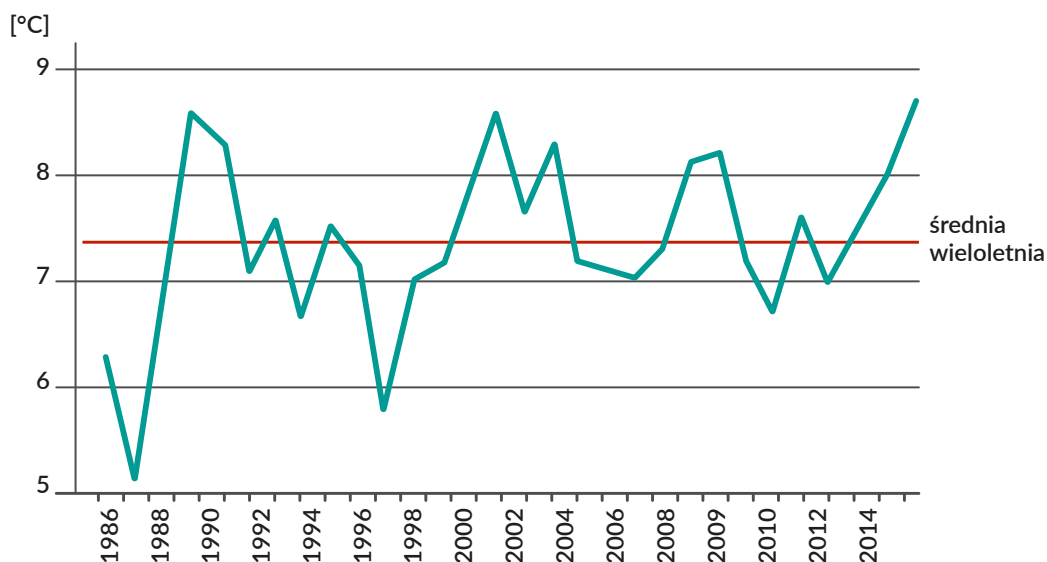
Grupa 2. Analiza danych klimatycznych

W kolejnych latach wartości cech klimatu (temperatura, opady, wiatr itp.) różnią się między sobą. Porównaj, jak zmieniały się średnie roczne wartości temperatury powietrza (Rys. 1a) i roczne sumy opadów (Rys. 1b) w Białymstoku w kolejnych latach w porównaniu z wartościami średnimi wieloletnimi.

Legenda:

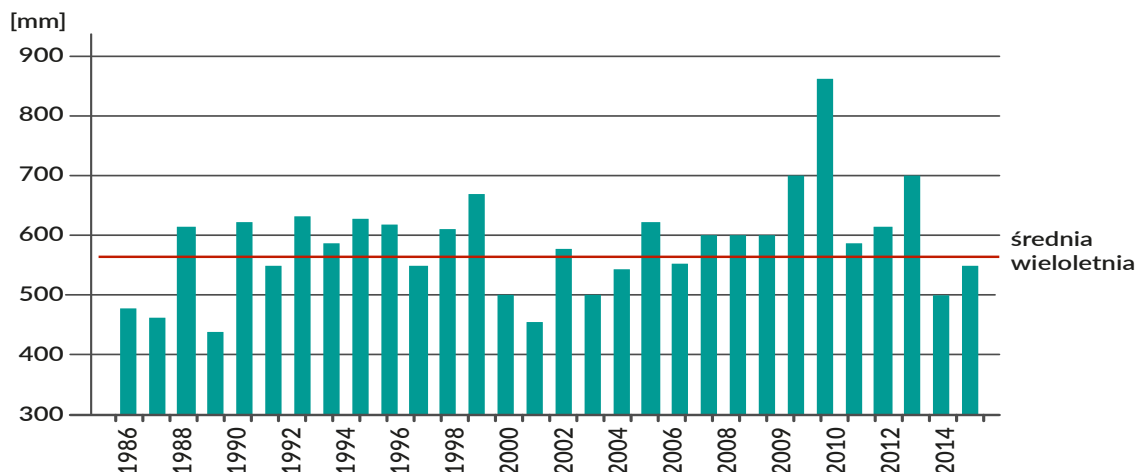
Wartości temperatury powietrza dla każdego roku (od 1986 do 2015) przedstawione są na Rys. 1a za pomocą niebieskiej linii. Ostre zakończenie linii wskazuje średnią temperaturę powietrza dla każdego roku. Wartość tej temperatury dla danego roku można przeczytać na skali po lewej stronie.

Wartości sumy opadów dla każdego roku (od 1986 do 2015) przedstawione są na Rys. 1b za pomocą niebieskich kolumn. Zakończenie kolumny wskazuje średnią sumę opadów dla każdego roku. Wartość tej sumy opadów dla danego roku można przeczytać na skali po lewej stronie.



Rys. 1 a) Roczne wartości temperatury powietrza w kolejnych latach i wartość średnia wieloletnia w Białymstoku.

Źródło: dane archiwalne IMGW-PIB



Rys. 1 b) Roczne sumy opadu w kolejnych latach i wartość średnia wieloletnia w Białymstoku.

Źródło: dane archiwalne IMGW-PIB

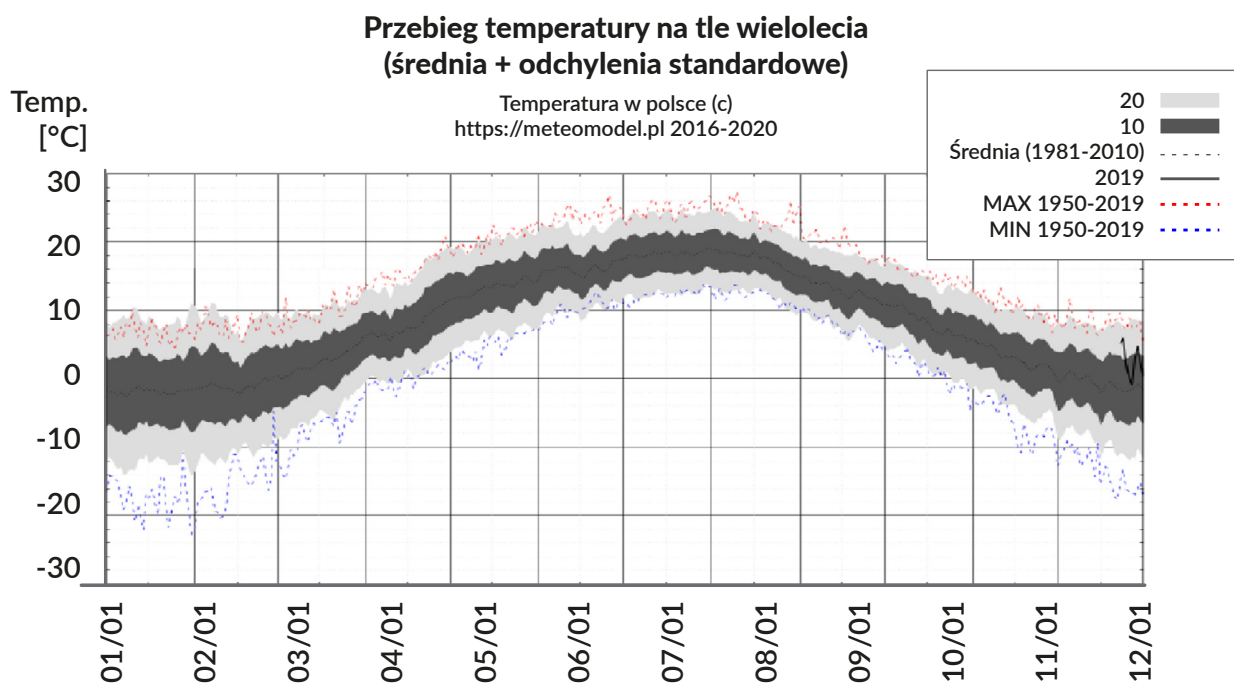
Oczekiwana odpowiedź:

Przez większość okresu temperatura oscylowała wokół wartości średniej wieloletniej. Najniższa temperatura powietrza występowała na początku okresu (lata 1986-1987). Kolejny chłodny rok (około 1,5°C poniżej średniej) wystąpił w roku 1996. Lata cieplejsze od średniej o 1-1,5°C to 1989-1990, 2000, 2002, 2007-2008 i 2014-2015.

W kolejnych latach opady wahały się od około 450 mm (rok 2000) do 850 mm (rok 2010). Także w latach 1999 i 2013 występowały częste deszcze. Przez 12 z 30 lat opady były mniejsze od średniej.

Grupa 3: Roczne zmiany cech klimatu

W ocenie klimatu ważne są zmiany roczne jego cech (czyli zmiany temperatury, regularności i sumy opadów, występowania wiatru (jego kierunku) itd.). Poniższy Rysunek 1 pokazuje zakres wahań temperatury powietrza w Polsce w kolejnych miesiącach. Ciemny, szary pas pokazuje wartość średnią wieloletnią⁴ ± jedno odchylenie standardowe (1σ)⁵, pasy jasnoszare to temperatura średnia ± odchylenie standardowe (2σ). Linie przerywane pokazują wartości najwyższe (Tmax, linia czerwona) i najniższe (Tmin, linia niebieska) temperatury w kolejnych miesiącach. Zakres Tmax i Tmin oraz wartości 1σ i 2σ w miesiącach zimowych są znacznie większe niż w miesiącach letnich.



Rys. 1. Zakres wahań temperatury powietrza w Polsce w kolejnych miesiącach.

Źródło: <https://meteomodel.pl/>

⁴Wartość średnia wieloletnia – średnia wartość temperatury obliczona na podstawie zsumowanych danych z wielu lat i podzielonych przez liczbę lat.

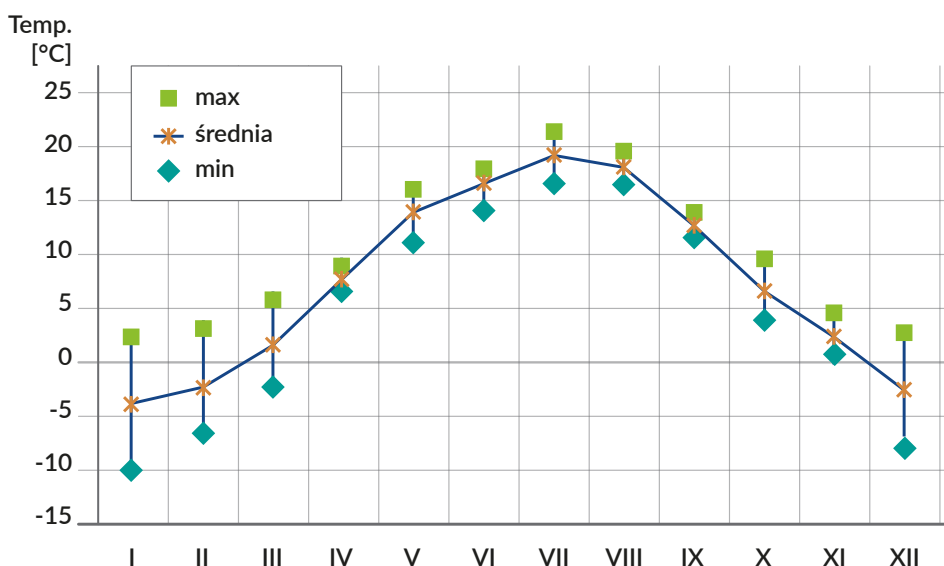
⁵Odchylenie standardowe – pojęcie statystyczne; obrazuje, jak poszczególne wartości (np. temperatury) rozrzucone są wokół średniej tej wartości.

Dla większości danych, 68% wartości leży w odległości jednego odchylenia standardowego od średniej tej wartości.

Zadanie dla uczniów:

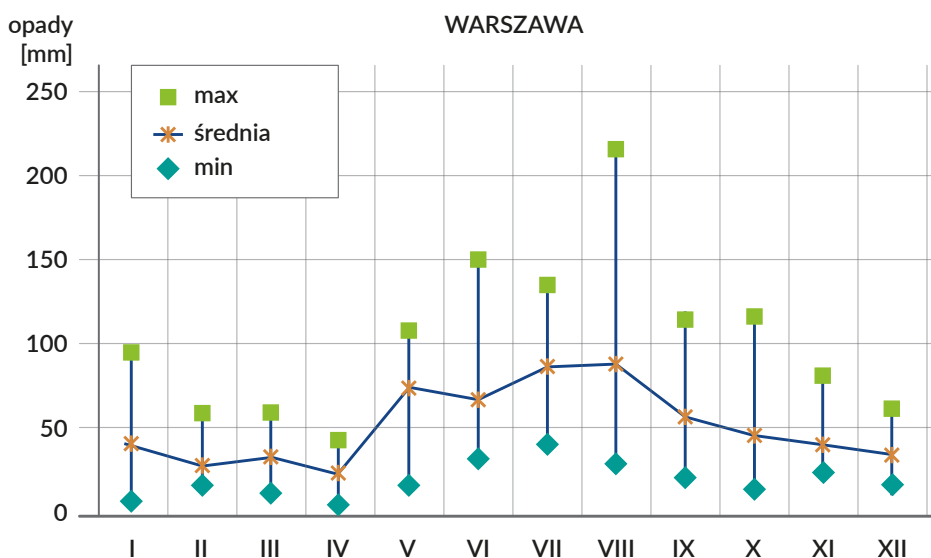
Porównaj przebiegi roczne temperatury powietrza (Rysunek 3) i opadów atmosferycznych (Rysunek 3) w Białymstoku. Poniższe ryciny pokazują wartości średnie wieloletnie (fioletowa linia) oraz najwyższe (czerwony kwadrat) i najniższe (błękitny kryształ) zaobserwowane w kolejnych miesiącach. Zwróć uwagę, że wartości miesięczne tych elementów klimatu mogą różnić się znacząco.

Wskaż okresy w roku, w których temperatura powietrza i opady mają największe i najmniejsze wahania.



Rys. 3. Przebieg roczny temperatury powietrza w Białymstoku wraz z wartościami najwyższymi i najniższymi w trzydziestoleciu 1986-2015.

Źródło: dane archiwalne IMGW-PIB



Rys. 4. Przebieg roczny opadów w Białymstoku wraz z wartościami najwyższymi i najniższymi w trzydziestoleciu 1986-2015.

Źródło: dane archiwalne IMGW-PIB

Oczekiwana odpowiedź:

Najmniejsze wahania temperatury powietrza występują w ciepłej części roku (od kwietnia do września). Wahania między rokiem najchłodniejszym i najcieplejszym wynoszą wtedy 3-6°C. W okresie od grudnia do marca w kolejnych latach temperatura może się różnić nawet o 13°C.

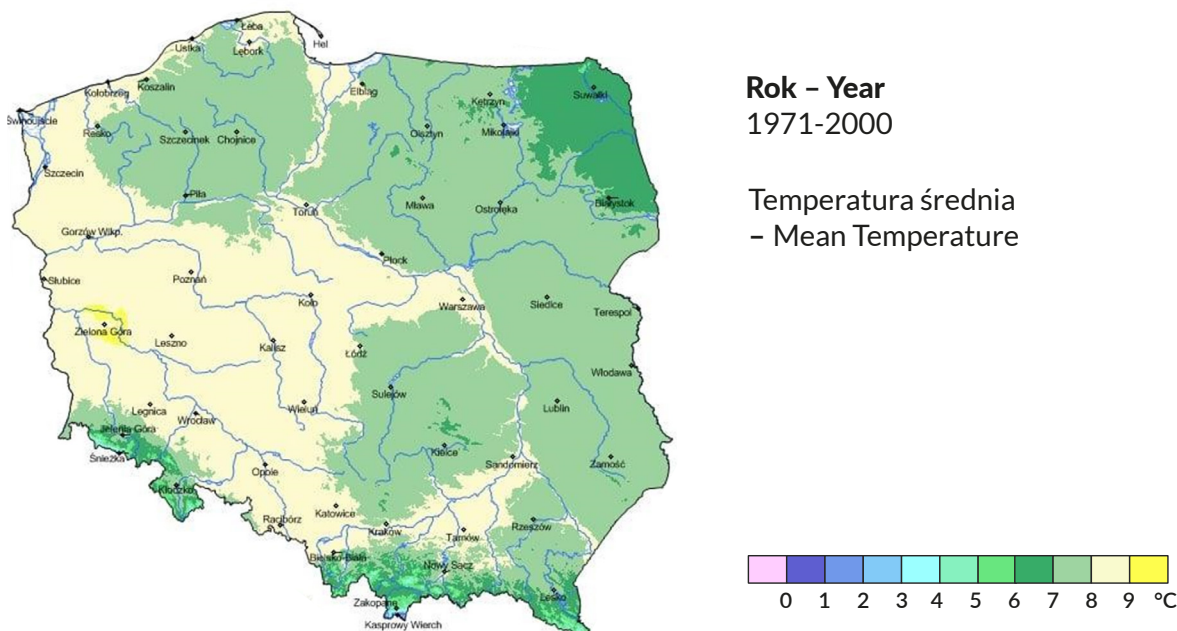
Bardzo duże wahania opadów mogą wystąpić od maja do października. Miesięczne sumy opadów w kolejnych latach mogą się różnić o 100-180 mm. Najbardziej przewidywalne jeśli chodzi o sumy opadów są miesiące luty, marzec i kwiecień. Miesięczne sumy opadów w kolejnych latach różnią się nie więcej niż o 50 mm.

Zadanie 4: Przestrzenna analiza klimatu

Wieloletnie dane obserwacyjne pozwalają na poznanie, jak klimat różni się w przestrzeni. Na stronie <https://klimat.imgw.pl/pl/climate-maps/> znajdziesz mapy rozkładu różnych cech klimatu (czyli temperatury, opadów itp.) w Polsce w różnych okresach obserwacyjnych. Pamiętaj, że wiarygodne informacje o klimacie można uzyskać dopiero na podstawie obserwacji trwających co najmniej 30 lat. Na załączonych mapach widzisz rozkład średniej temperatury powietrza i rocznych sum opadów w Polsce w różnych okresach obserwacyjnych. Widać wyraźnie, że dla różnych okresów mapy mają inny wygląd. Żeby powiedzieć, jaki jest obecnie klimat Polski trzeba brać pod uwagę najnowsze dane klimatyczne.

Porównaj, jak bardzo różnią się wartości temperatury powietrza w okresie 1971-2000 (Rysunek 5) i 1991-2020 (Rysunek 6). Wskaż, w których regionach nastąpił największy wzrost temperatury.

Uwaga! Zwróć uwagę na kolorystykę map, w szczególności na zastosowanie odmiennych kolorów dla tego samego przedziału temperatur na każdej z map.

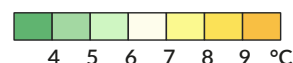


Rys. 5. Średnia temperatura powietrza w Polsce w latach 1971-2000.



Rok - Year
1991-2020

Temperatura średnia
- Mean Temperature



Rys 6. Średnia temperatura powietrza w Polsce w latach 1991-2020.

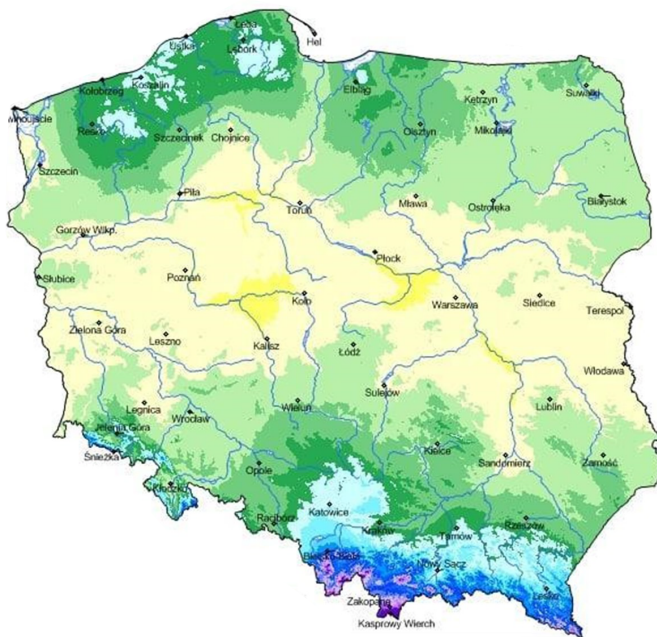
Oczekiwana odpowiedź:

W wieloleciu 1971-2000 temperatura w Polsce wahała się od około 0°C w okolicach Kasprowego Wierchu, do około 9°C w okolicach Zielonej Góry.

W okresie 1991-2020 temperatura zmieniała się od około 4°C w okolicach Kasprowego Wierchu do ponad 9°C w Polsce zachodniej oraz w Kotlinie Sandomierskiej. W obydwu okresach najchłodniejsze były regiony górskie oraz Polska północno-wschodnia. Na obszarze całej Polski różnica pomiędzy okresami nie jest duża i wynosi 1-2°C.

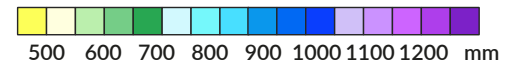
Porównaj, jak bardzo różnią się sumy opadów w tych okresach (patrz Rysunek 7. i 8.). Wskaż, w których regionach nastąpił największy wzrost, a w których spadek sum opadów.

Uwaga! Zwróć uwagę na kolorystykę map, w szczególności na zastosowanie odmiennych kolorów dla tego samego przedziału sumy opadów na każdej z map.

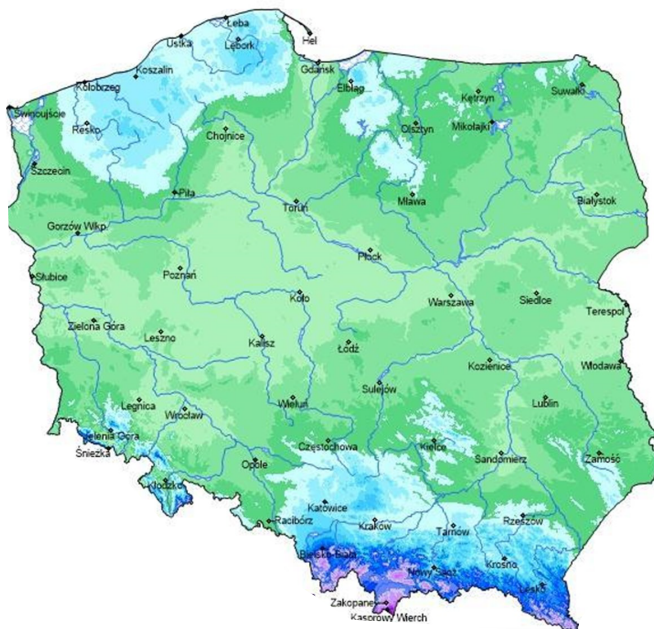


Rok - Year
1971-2000

Suma opadu
- Precipitation totals

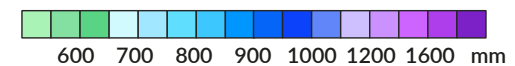


Rys. 7. Suma opadów w Polsce w latach 1971-2000.



Rok - Year
1991-2020

Suma opadu
- Precipitation totals



Rys. 8. Suma opadów w Polsce w latach 1991-2020

Oczekiwana odpowiedź:

W okresie 1971-2000 opady w Polsce wahały się od około 450 do prawie 1300 mm. Lata 1991-2020 były obfitsze w opady, które wynosiły od około 500 do prawie 1700 mm. Najwięcej opadów występuje na Pojezierzu Pomorskim, w Karpatach i na ich przedgórzu oraz na Wyżynie Śląskiej. Tam też w drugim z okresów opady były wyraźnie wyższe niż w latach 1971-2000. Ubogie w opady są Nizina Wielkopolska, Kujawy i Nizina Mazowiecka. W obydwu okresach opady wynoszą tam około 450-550 mm.

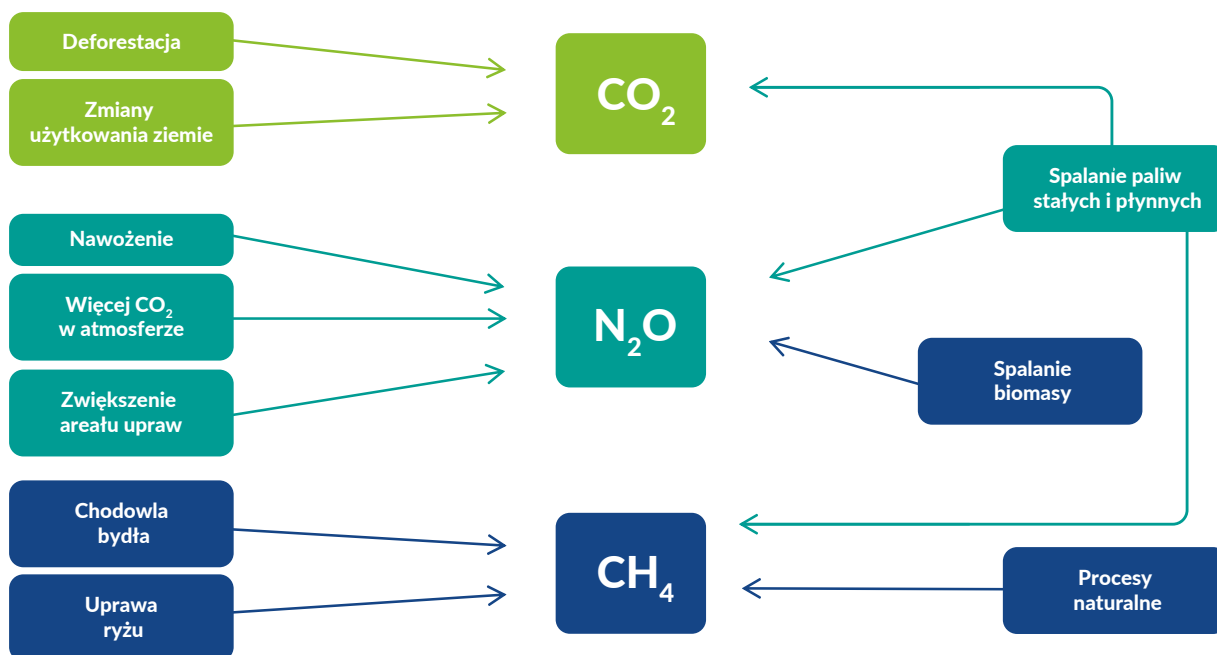
Grupa 5: Modele klimatyczne

W roku 2023 będziemy obchodzić 35 rocznicę powstania Międzyrządowego Panelu do spraw Zmian Klimatu (Intergovernmental Panel on Climate Change). Inicjatywa utworzenia IPCC powstała w dwóch wyspecjalizowanych agendach Organizacji Narodów Zjednoczonych (ONZ): Światowej Organizacji Meteorologicznej (WMO) i Programie Środowiskowym Narodów Zjednoczonych (UNEP). W zamierzeniu inicjatorów IPCC miał dostarczać rządów państw rzetelnego naukowego spojrzenia na zmiany klimatu globalnego i regionalnego.

Przy ocenie panującego oraz przewidywanego na kolejne lata klimatu używa się zarówno danych obserwacyjnych (ze stacji pogodowych oraz satelitów meteorologicznych i tematycznych), jak i danych z tzw. modeli klimatycznych.

Od lat 70 XX wieku rozwijają się różne modele synoptyczne i klimatyczne. Modele są oparte na zasadach fizyki, w tym dynamiki płynów, termodynamiki i transferu promieniowania. Modele synoptyczne uwzględniają zmiany w czasie najbliższych godzin i dni promieniowania słonecznego, temperatury i wilgotności powietrza, prędkości i kierunku ruchu powietrza. Modele te pozwalają synoptykom na tworzenie krótkookresowych prognoz pogody. Po włączeniu dodatkowych informacji o chemicznych składnikach atmosfery, a także o efektach działalności człowieka rozwinęły się modele klimatyczne, które pozwalają na określenie cech klimatu w perspektywie kilkudziesięciu lat. Stopniowo włączano do modeli parametry związane z pokryciem terenu oraz wymianą ciepła pomiędzy atmosferą a powierzchnią oceanów i pokrywami lodowymi (lata 80. XX wieku), analizy cyklu węglowego (cykl węglowy opisuje obieg atomów węgla w przyrodzie), aerozoli siarczanowych i nie siarczanowych, procesy chemiczne w atmosferze oraz oddziaływania szaty roślinnej (lata 90.) oraz oddziaływania pokrywy glebowej na procesy atmosferyczne (początek XXI wieku). Wbrew pozorom trudniej jest przewidzieć pogodę na najbliższe kilka dni niż cechy klimatu, który będzie panował za lat 30 czy 50.

Złożone procesy zachodzące w środowisku, m.in. emisja gazów cieplarnianych przez transport, przemysł i rolnictwo (hodowla bydła, uprawa ryżu), wylesianie, zwłaszcza na obszarach tropikalnych (zmniejszenie możliwości pochłaniania CO₂ przez rośliny), czy też lokalne działania, takie jak zabetonowanie przestrzeni publicznych w miastach, prowadzą do ocieplania się klimatu. Z drugiej strony prądy oceaniczne, czy szata roślinna sprzyjają eliminowaniu CO₂ z atmosfery i obniżeniu temperatury globalnej. Poniższy schemat (1) pokazuje, jak różne działania człowieka wpływają na produkcję gazów cieplarnianych (CO₂, N₂O, CH₄) powodujących obserwowany wzrost temperatury.



Schemat 1. Wpływ różnych form działalności człowieka na produkcję gazów cieplarnianych.

Źródło: <https://www.przyjaznaprzestrzen.org/>

Na początku XXI wieku modele klimatyczne były na tyle zaawansowane, że opracowano scenariusze emisji gazów cieplarnianych (SRES) i wynikające z nich przyszłe cechy klimatu. Scenariusze SRES zakładają różne tempo zmian gospodarczych, społecznych i populacyjnych, które będą prowadziły do zmian emisji gazów cieplarnianych (rys. 2). W badaniach najczęściej były stosowane scenariusze oznaczone symbolami A1B, B1 i A2. Strzałki na tej rycinie pokazują kierunek i tempo zmian w różnych dziedzinach życia człowieka, prowadzące do zwiększonej emisji CO₂, którego stężenie jest wyrażane w jednostkach ppm (czyli liczbie cząstek CO₂ na milion cząstek powietrza). Konsekwencją tego jest różny wzrost temperatury powietrza do roku 2100 w stosunku do końcowych lat XX wieku.

Najbardziej surowy scenariusz (A2) zakłada stały wzrost globalnej populacji oraz duży rozwój ekonomiczny. Przy braku troski o środowisko i zrównoważony rozwój społeczeństw oraz zaniedbanie technologii pro-ekologicznych do końca XXI wieku może nastąpić wzrost temperatury globalnej o 3,4°C. W scenariuszu łagodnym (B1) zakłada się zmniejszenie populacji w drugiej połowie wieku oraz wolniejszy niż w A2 rozwój ekonomiczny. Jednoczesna troska o środowisko, zrównoważony rozwój i rozwój pro-ekologicznych technologii powinna prowadzić do wzrostu temperatury jedynie o 1,8°C.

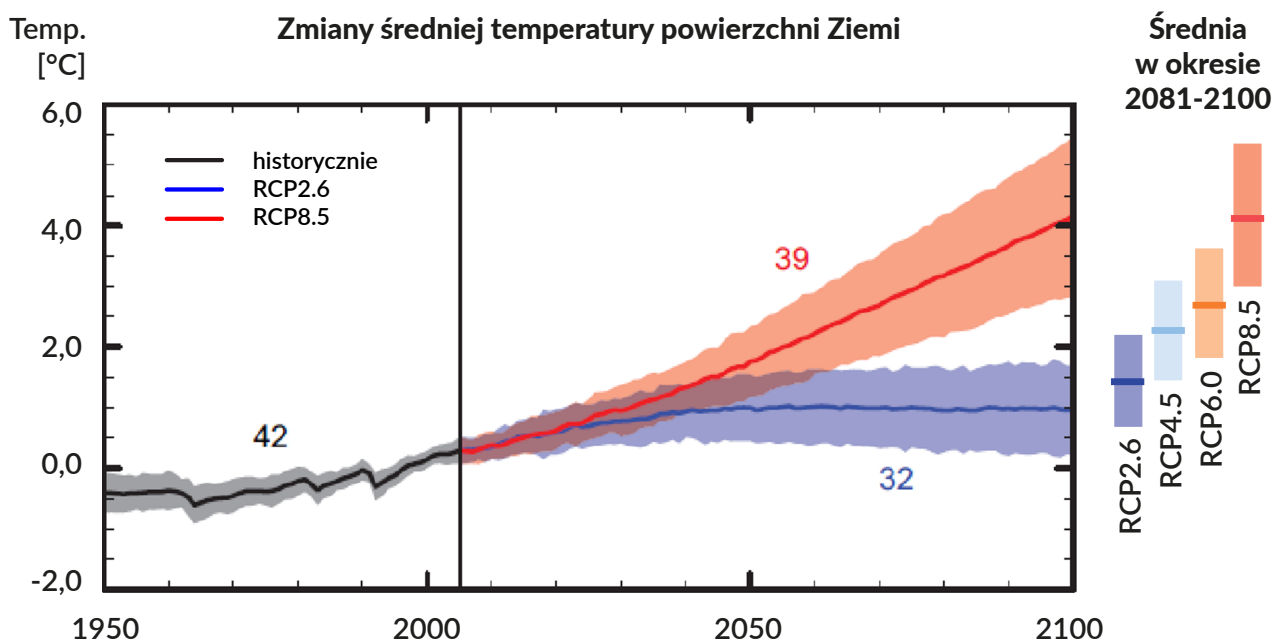
Scenariusz	Zmiany populacja	Rozwój ekonomiczny	Troska o środowisko	Zrównoważony rozwój	Rozwój technologii	Globalizacja	Poziom CO ₂ w 2100 r.	Wzrost temp. powietrza
B1							600 ppm	1,8 °C
A1B							850 ppm	2,8 °C
A2							1250 ppm	3,4 °C

Schemat. 2. Schematyczny obraz zmian poszczególnych czynników klimatotwórczych, poziom CO₂ w atmosferze oraz wzrost temperatury powietrza do roku 2100.

Źródło: K. Błażejczyk, E. Żmudzka, 2013

Obecnie wykorzystuje się trzy scenariusze rozwoju oparte na tzw. Reprezentatywnych Ścieżkach Zmian Koncentracji CO₂, opracowane w roku 2014 na potrzeby IPCC, opisanych akronimami RCP2.6, RCP4.5 oraz RCP8.5 (rys. 9.):

- **RCP 2.6**, to scenariusz zrównoważonego rozwoju, który zakłada stabilizację ilości CO₂ na poziomie 400 ppm pod koniec stulecia. Zakładany wzrost temperatury do końca XXI w. **od 0,3 do 1,7°C**. Biorąc pod uwagę, że poziom 400 ppm został już przekroczony uznaje się RCP2.6 za mało realistyczny;
- **RCP 4.5** jest określany jako umiarkowany i zakłada dalszy wzrost stężeń CO₂, odpowiednio do 540 ppm w r. 2100 oraz możliwy wzrost temperatury od **1,1 do 2,6°C**;
- **RCP 6.0**, zakłada stopniowy wzrost emisji stężenia CO₂ do poziomu 650 ppm oraz możliwy wzrost temperatury o ok. 3°C do końca stulecia;
- **RCP 8.5**, zakłada stały ostry wzrost stężeń CO₂ do 940 ppm w r. 2100 i wzrost temperatury od **2,6 do 4,8°C**.



Rys. 9. Przewidywane według różnych scenariuszy RCP zmiany temperatury globalnej.

Źródło: 6 Raport IPCC

Na podstawie przedstawionych wyżej informacji wskaż, jakie działania człowieka, uwzględniane w modelach klimatycznych oraz scenariuszach emisji, mają największy wpływ na zwiększenie i ograniczenie zawartości w atmosferze gazów cieplarnianych.

Oczekiwana odpowiedź:

Na globalny wzrost temperatury powietrza największy wpływ ma zwiększona emisja gazów cieplarnianych przez człowieka. Wylesianie zmniejsza możliwość pochłaniania CO₂ z atmosfery. Przy braku troski o środowisko i pro-ekologicznych technologii grozi to dużym ociepleniem klimatu.

Może to być złagodzone dzięki zrównoważonemu rozwojowi społeczeństw, trosce o odpowiedni stan szaty roślinnej i rozwój pro-ekologicznych technologii. Dużą rolę do odegrania mają także rozwiązania oparte na naturze, z wykorzystaniem elementów przyrodniczych wprowadzanych np. do krajobrazu miejskiego, aby zapobiegać negatywnym skutkom zmiany klimatu. Przykładem rozwiązania opartego na naturze może być renaturyzacja rzek, czyli przywracanie ich do (w miarę możliwości) stanu sprzed wpływu działalności człowieka lub tworzenie obszarów bagiennych na terenach miejskich.

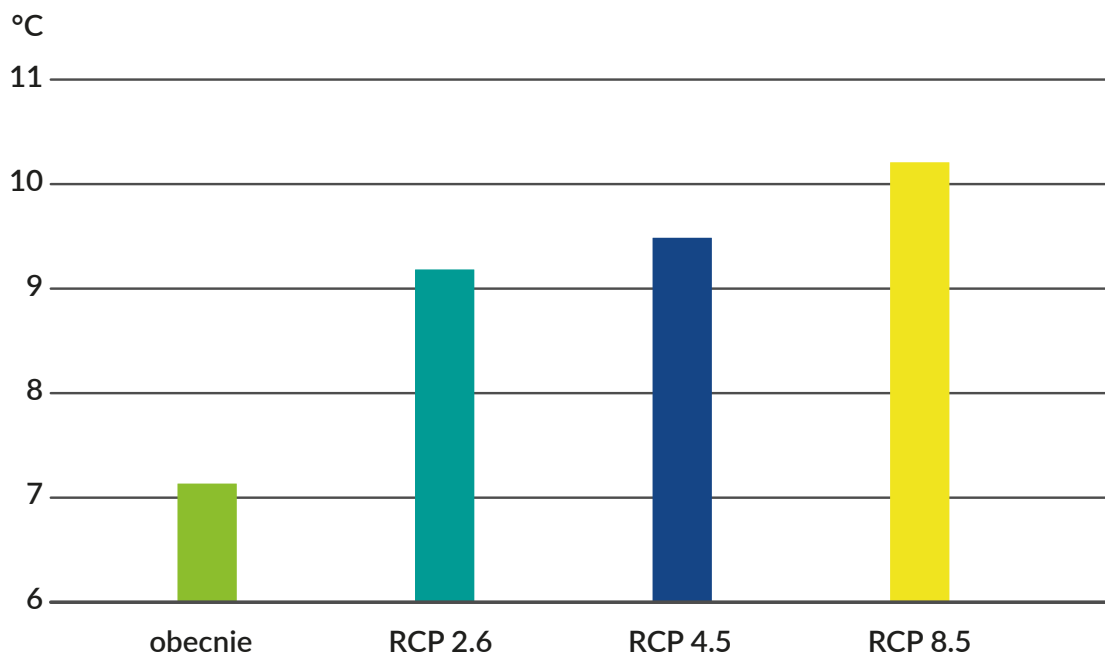
Grupa 6: Klimat w przyszłości (zadanie opcjonalne)

Scenariusze rozwoju społecznego i gospodarczego oparte na tzw. Reprezentatywnych Ścieżkach Zmian Koncentracji CO₂, (RCP, opracowane w roku 2014 na potrzeby prac IPCC), przewidują następujące zmiany temperatury powietrza w XXI wieku:

- **RCP2.6**, to scenariusz zrównoważonego rozwoju, który zakłada stabilizację ilości CO₂ na poziomie 400 ppm pod koniec stulecia. Zakładany wzrost temperatury do końca XXI w. **od 0,3 do 1,7°C**. Biorąc pod uwagę, że poziom 400 ppm został już przekroczony uznaje się RCP2.6 za mało realistyczny;
- **RCP4.5** jest określany jako umiarkowany i zakłada dalszy wzrost stężeń CO₂, odpowiednio do 540 ppm w r. 2100 oraz możliwy wzrost temperatury od **1,1 do 2,6°C**;
- **RCP8.5**, zakłada stały ostry wzrost stężeń CO₂ do 940 ppm w r. 2100 i wzrost temperatury **od 2,6 do 4,8°C**.

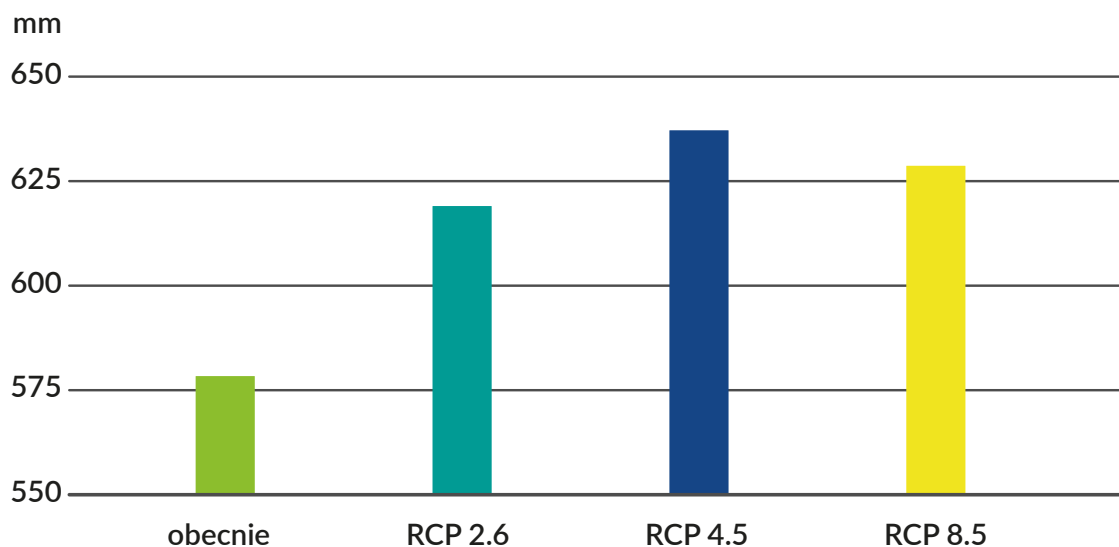
Na podstawie przygotowanych danych o temperaturze powietrza (Rysunek 10.) i opadach atmosferycznych (Rysunek 11.) w Białymstoku w roku 2050 według scenariuszy RCP2.6, RCP4.5 i RCP8.5 porównaj możliwe zmiany klimatu w porównaniu z sytuacją obecną:

Wskaż, jakich zmian klimatu muszą się spodziewać mieszkańcy Białegostoku. Który ze scenariuszy przyniesie największe zmiany klimatu?



Rys. 10. Wartości roczne temperatury powietrza (°C) w Białymstoku obserwowane obecnie i prognozowane w roku 2050 według różnych scenariuszy zmian klimatu.

Źródło: baza danych Meteonorm 8.2



Rys. 11. Sumy roczne opadów (mm) w Białymstoku obserwowane obecnie i prognozowane w roku 2050 według różnych scenariuszy zmian klimatu

Źródło: baza danych Meteonorm 8.2

Oczekiwana odpowiedź:

W połowie XXI wieku trzeba się spodziewać w Białymstoku bardzo wyraźnego wzrostu temperatury powietrza. Jeśli będzie się realizował ostry scenariusz wzrostu emisji gazów cieplarnianych (RCP8,5), to temperatura może wzrosnąć o ponad 2,5°C.

Trzeba się także spodziewać wzrostu opadów atmosferycznych. Przy scenariuszu umiarkowanego rozwoju (RCP 4.5) wzrost ten może wynieść ponad 50 mm rocznie.

Największe zmiany klimatu przyniesie scenariusz RCP8.5.