

## PROJEKT DO SAMODZIELNEJ REALIZACJI

Zmienność przestrzenna i sezonowa zanieczyszczenia  
dwutlenkiem azotu w Europie i Polsce  
Wykonanie map

### Co to jest R i RStudio?

R jest językiem programowania, środowiskiem obliczeniowym oraz graficznym. Celem twórców było stworzenie platformy do obliczeń statystycznych, służącej do prezentowania danych w nowy sposób oraz tworzenia ciekawych wizualizacji np. w postaci wykresów 3D. R jest również wykorzystywany w analizie danych i statystyce.

**RStudio** – otwartoźródłowe zintegrowane środowisko programistyczne dla języka R, dedykowanego obliczeniom statystycznym oraz wizualizacji ich wyników. Oprogramowanie jest dostępne w trzech odmianach: *RStudio Desktop* jako klasyczny program komputerowy na systemy operacyjne z rodzin Microsoft Windows, Linux i macOS oraz *RStudio Server* i *RStudio Workbench*, pozwalające uruchomić zdalny serwer dostępny za pośrednictwem przeglądarki internetowej.

## Cel ćwiczenia

W ramach tego projektu stworzymy mapę Europy i Polski pokazującą różne sytuacje, takie jak godzinowe stężenie zanieczyszczeń w każdym kraju Europy oraz mapę Polski ze stężeniem zanieczyszczeń dla każdego miasta, które jest stolicą regionu w Polsce (województwo).

Celem tego projektu jest rozpowszechnianie wiedzy na temat jakości powietrza, poznanie RStudio i zrozumienie, dlaczego jest to ważne, co może wzbudzić większe zainteresowanie jego wykorzystaniem w przyszłości.

Zawiera również materiały pozwalające dowiedzieć się więcej o pozyskiwaniu danych z Copernicus Atmospheric Service (CAMS) w formacie NetCDF oraz podstawowe szczegóły dotyczące obsługi tych plików.

## Źródło danych

Dane wykorzystane w tym ćwiczeniu pochodzą z usługi Copernicus Atmospheric Monitoring Service (CAMS). Usługa monitorowania atmosfery Copernicus (CAMS) zapewnia spójne i kontrolowane pod względem jakości informacje związane z zanieczyszczeniem powietrza i zdrowiem, energią słoneczną, gazami cieplarnianymi i wymuszaniem klimatu na całym świecie.

Zestaw danych wykorzystanych w tym ćwiczeniu pochodzi z „CAMS European air quality forecasts”, wyodrębnionych przy użyciu modelu GEM-AQ dla godzinowego stężenia NO<sub>2</sub> na poziomie 0.

<https://ads-beta.atmosphere.copernicus.eu/datasets/cams-europe-air-quality-forecasts?tab=overview>

Możesz wybrać zmienne zgodnie z potrzebami z różnych modeli w różnych okresach czasu. Dane można łatwo pobrać po zalogowaniu się na stronie CAMS.

Więcej szczegółów na temat metod wyodrębniania danych wyjaśniono w dalszej części ćwiczenia.

TYPE	CAMS European air quality forecasts
VARIABLE	Nitrogen Dioxide
MODEL	GEM-AQ
LEVEL	0
DATE	2024/7/15 – 2024/7/16
MODEL TYPE	Forecast
BASE TIME	00:00
LEADTIME HOUR	12
AREA	EUROPE
FORMAT	NetCDF



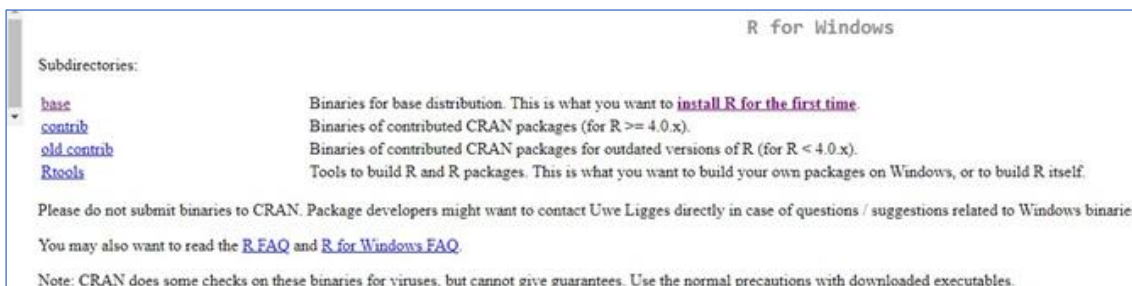
## Instalacja środowiska R i RStudio

Poniżej przedstawione zostały czynności do zainstalowania środowiska R

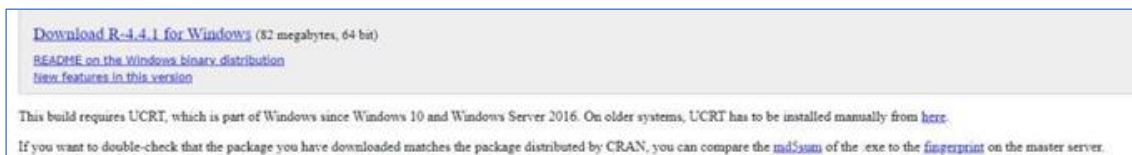
1. Wejdź na stronę [cran.r-project.org](http://cran.r-project.org)



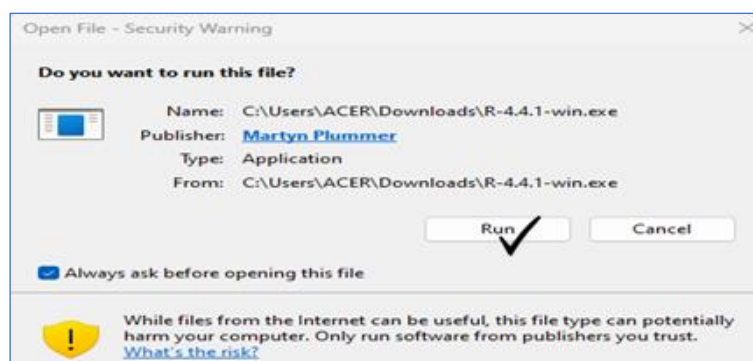
2. Kliknij Pobierz R dla Windows. (MacOS, jeśli korzystasz z systemu operacyjnego MAC)
3. Zainstaluj R Kliknij zainstaluj R po raz pierwszy.



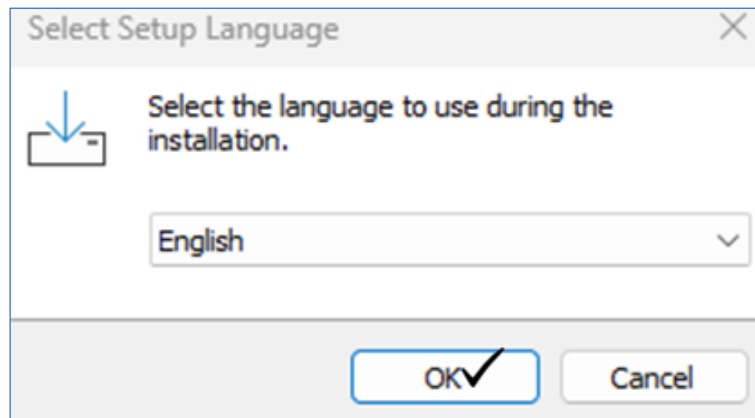
4. Kliknij Pobierz R dla Windows. Otwórz pobrany plik



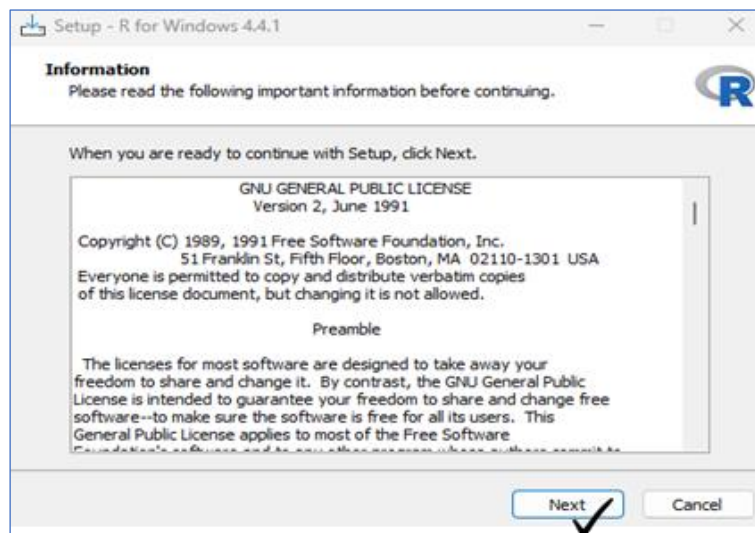
5. Kliknij „RUN”



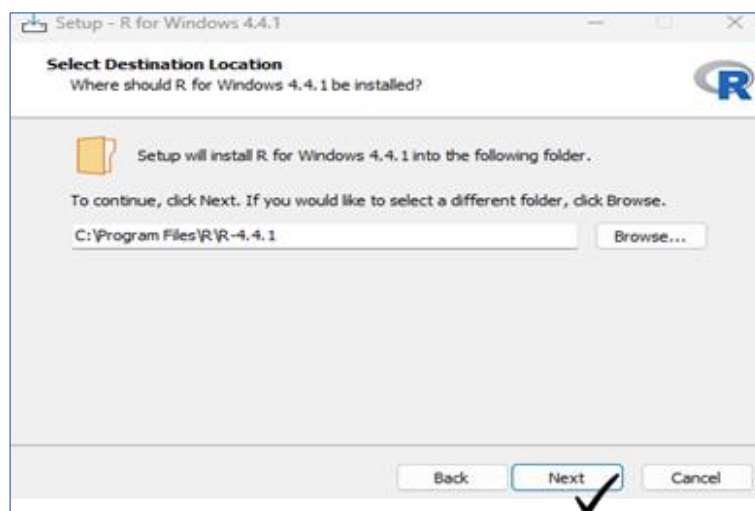
6. Wybierz preferowany język



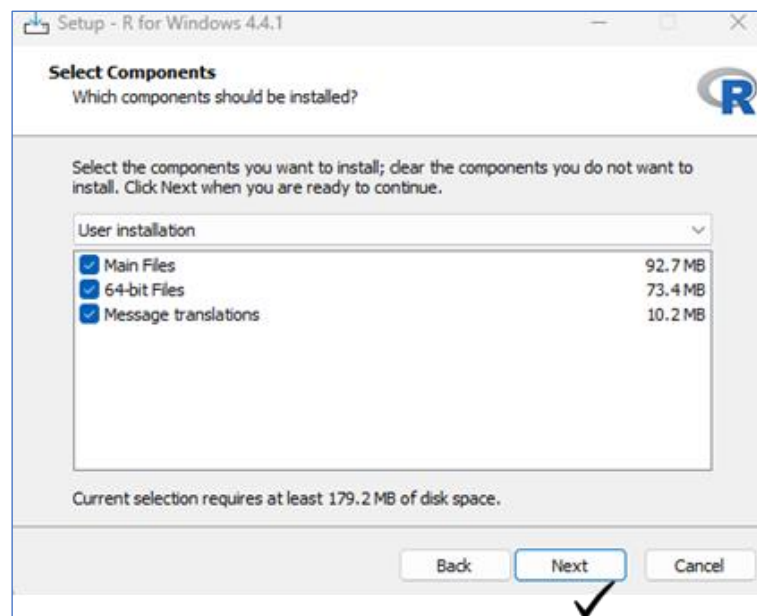
7. W kolejnym kroku wybierz „Next”



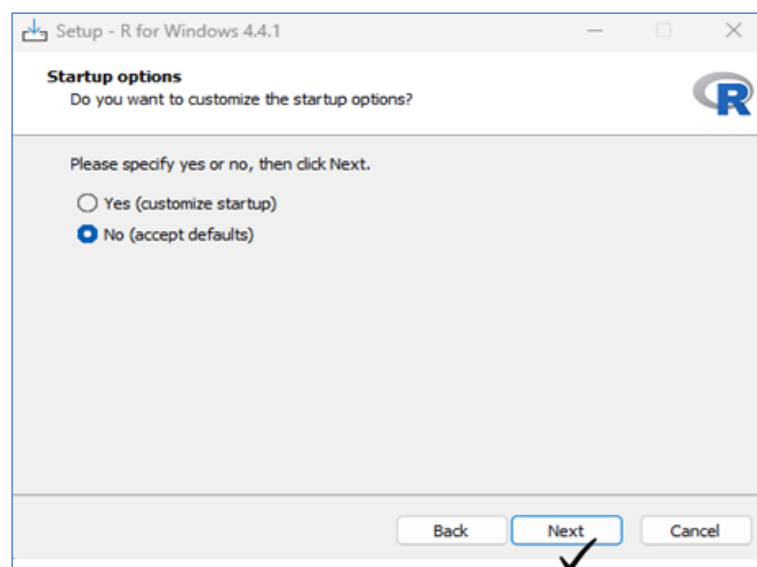
8. Wybierz ścieżkę, w której chcesz zainstalować plik lub pozostaw ją bez zmian



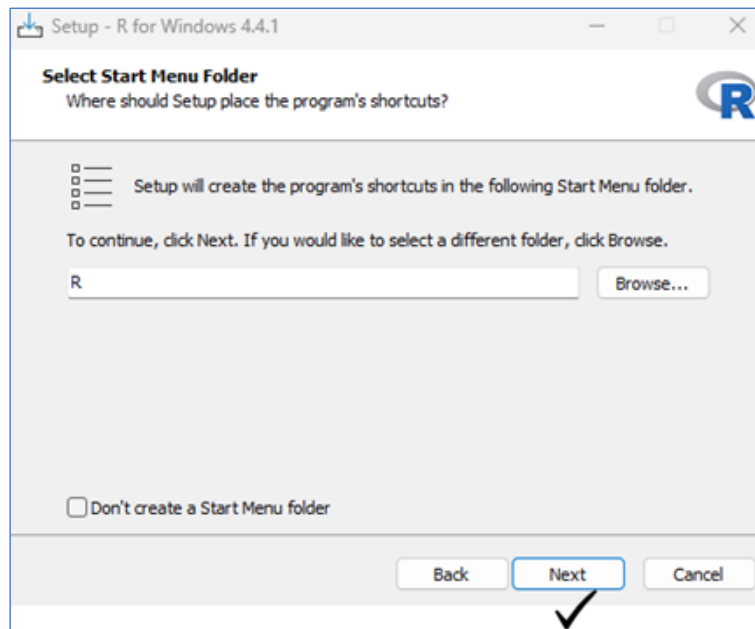
## 9. Wybierz wszystkie elementy



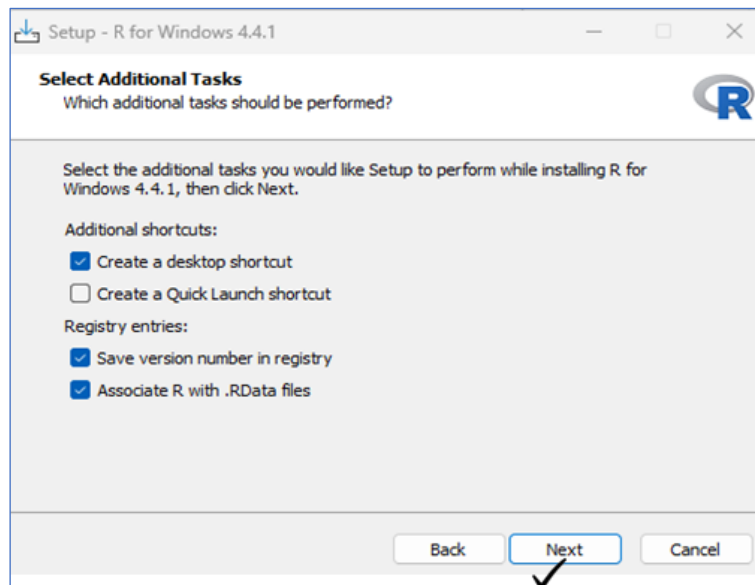
## 10. Wybierz „No”



11. Pozostaw bez zmian i kliknij „Next”.



12. Wybierz opcję tak jak na poniższym obrazku



PROGRAMME OF THE  
EUROPEAN UNION



13. Pobrałeś R. Teraz musisz pobrać „Rstudio”, w którym będziesz pracować.



### Instalacja RStudio

Poniżej instrukcja do zainstalowania RStudio

1. Wejdź na stronę <https://posit.co/downloads/>
2. Wybierz „Download RStudio”



3. Wybierz “DOWNLOAD RSTUDIO DESKTOP FOR WINDOWS”

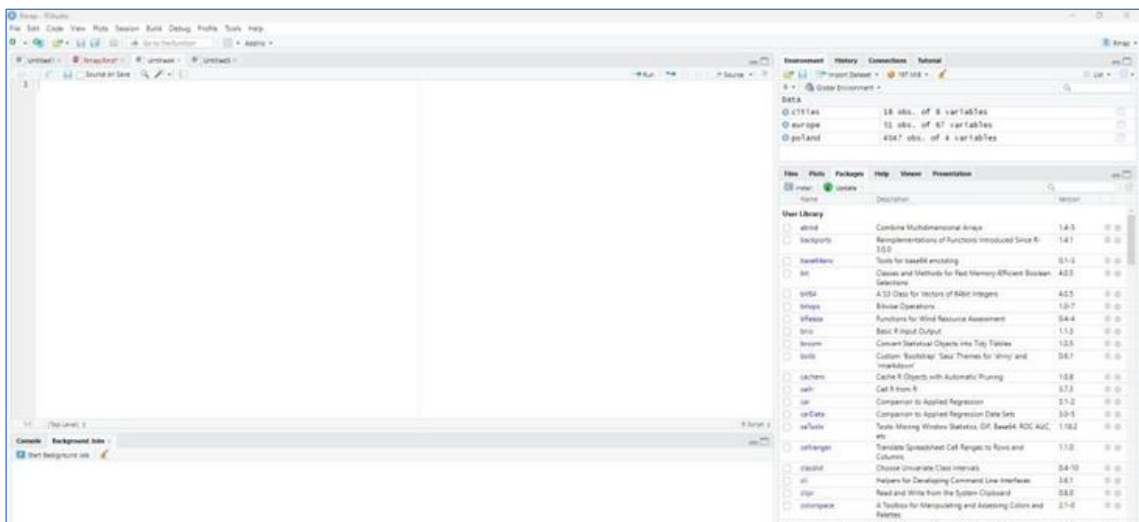


4. Po pobraniu aplikacji otworzy się kreator konfiguracji Welcome to RStudio
5. Kliknij dalej i przejdź przez kolejne kroki instalacji
6. Otwórz RStudio



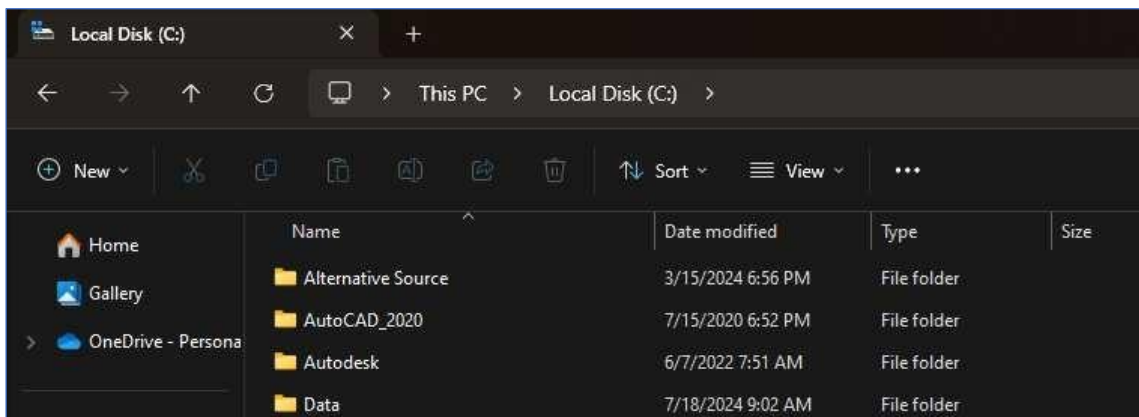
PROGRAMME OF THE  
EUROPEAN UNION





## Ćwiczenie

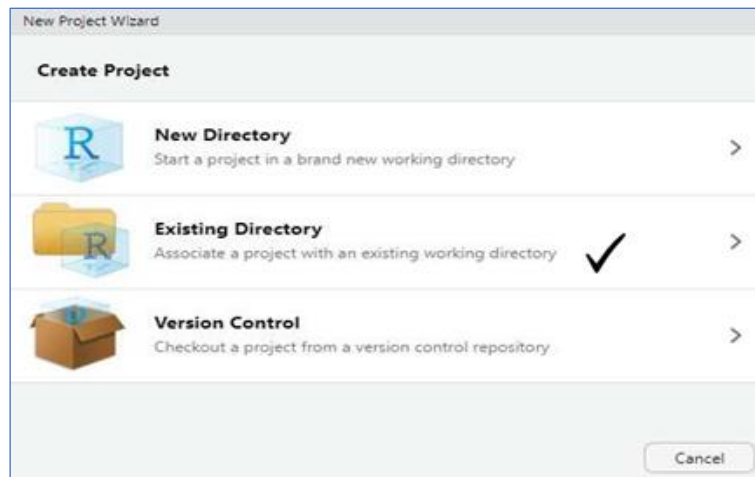
1. Otrzymałeś zestaw danych w folderze o nazwie „Data”, który znajduje się wewnątrz folderu „Exercise-1”. Zapisz folder „data” gdzieś na dysku



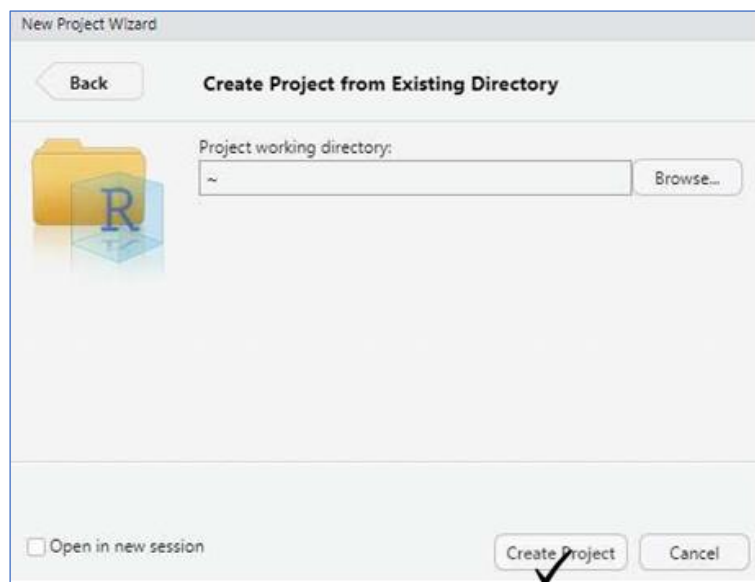
2. Otwórz RStudio
3. Wybierz „New Project”



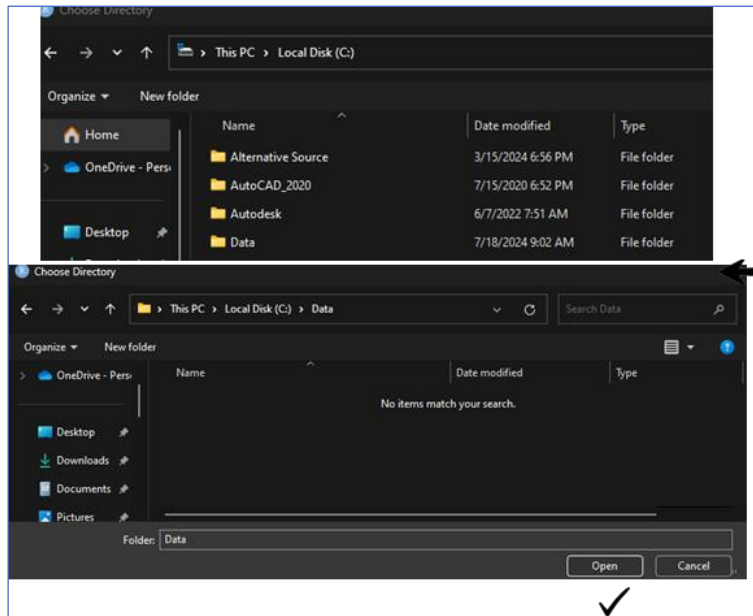
4. Pojawi się poniższy ekran. Teraz kliknij „Existing Directory”



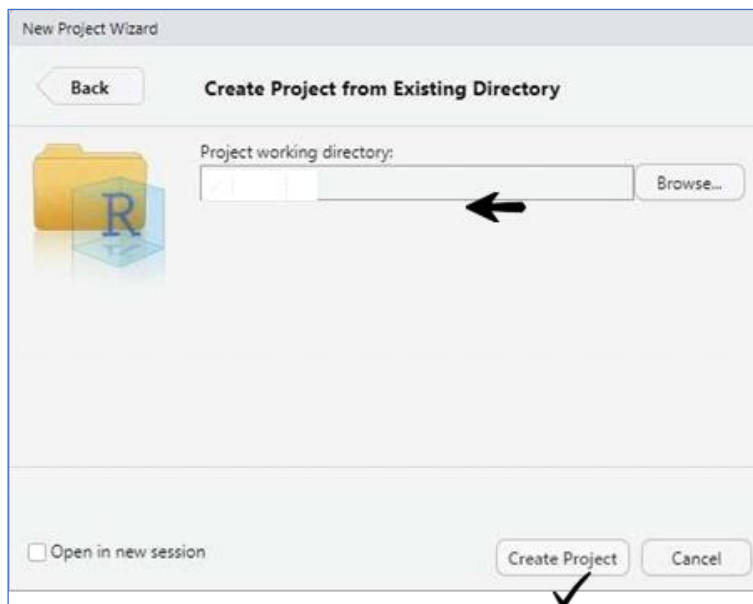
5. Przeglądaj katalog, w którym zapisałeś plik, wspomniany w kroku 1  
6. Wybierz „Browse”



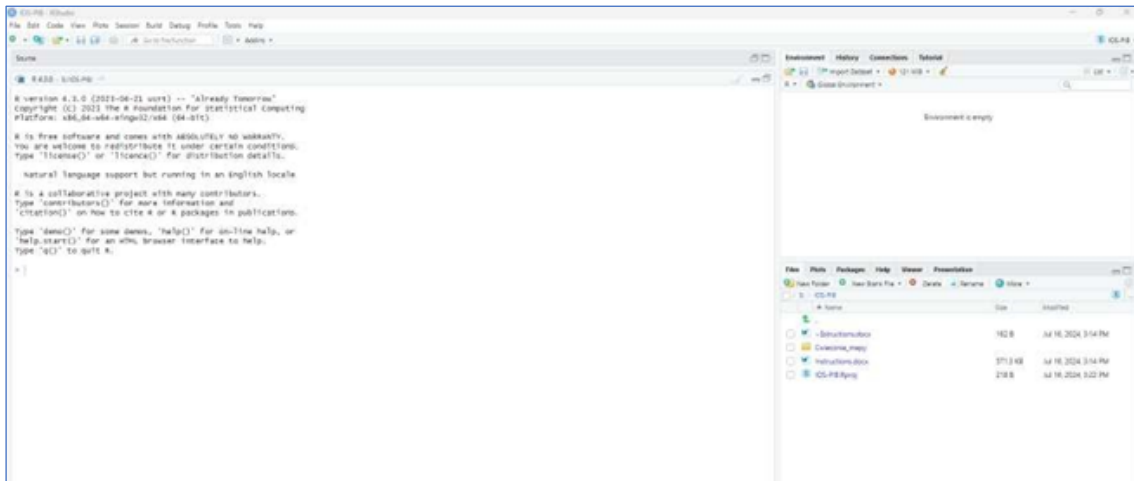
7. Wybierz folder, w którym zapisałeś dane w kroku 1 i kliknij „Open”



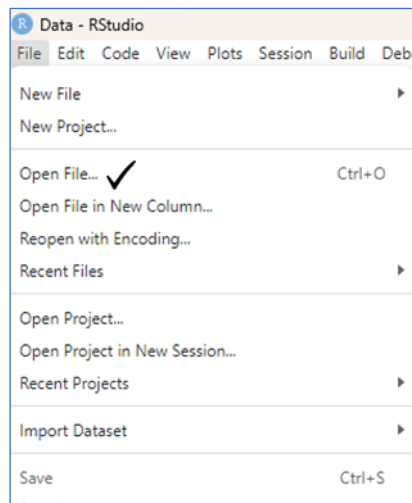
8. Następnie zaznacz „Open” i wybierz „Create Project”



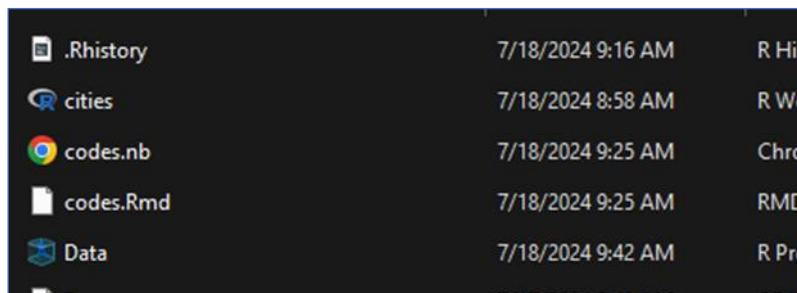
9. Utworzyłeś projekt w swoim katalogu. Teraz możesz na nim pracować



10. Wybierz File -> Open File



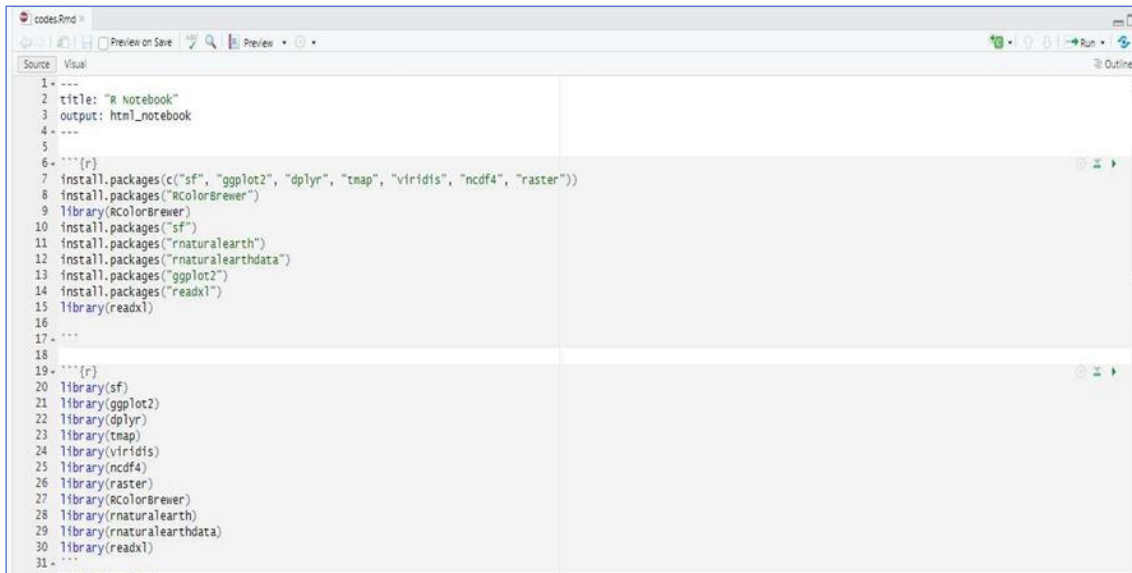
11. Otwórz plik o nazwie „codes.Rmd”



PROGRAMME OF THE  
EUROPEAN UNION



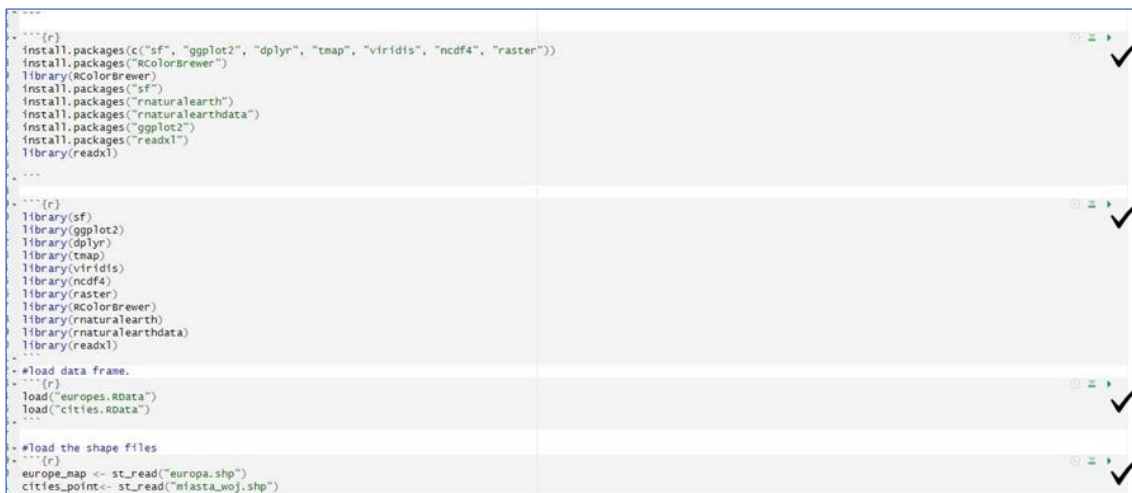
## 12. Plik zostanie otwarty i pojawi się poniższy ekran



```
1 ---
2 title: "R Notebook"
3 output: html_notebook
4 ---
5
6 ```{r}
7 install.packages(c("sf", "ggplot2", "dplyr", "tmap", "viridis", "ncdf4", "raster"))
8 install.packages("RColorBrewer")
9 library(RColorBrewer)
10 install.packages("sf")
11 install.packages("rnaturalearth")
12 install.packages("rnaturalearthdata")
13 install.packages("ggplot2")
14 install.packages("readxl")
15 library(readxl)
16
17 ---
18
19 ```{r}
20 library(sf)
21 library(ggplot2)
22 library(dplyr)
23 library(tmap)
24 library(viridis)
25 library(ncdf4)
26 library(raster)
27 library(RColorBrewer)
28 library(rnaturalearth)
29 library(rnaturalearthdata)
30 library(readxl)
31 ---
```

## 13. Naciśnij przycisk uruchamiania dla każdego zestawu kodów.

Naciśnij zielony przycisk odtwarzania pokazany obok każdego bloku kodu, jeden po drugim



```
---
```{r}
install.packages(c("sf", "ggplot2", "dplyr", "tmap", "viridis", "ncdf4", "raster"))
install.packages("RColorBrewer")
library(RColorBrewer)
install.packages("sf")
install.packages("rnaturalearth")
install.packages("rnaturalearthdata")
install.packages("ggplot2")
install.packages("readxl")
library(readxl)
---
```{r}
library(sf)
library(ggplot2)
library(dplyr)
library(tmap)
library(viridis)
library(ncdf4)
library(raster)
library(RColorBrewer)
library(rnaturalearth)
library(rnaturalearthdata)
library(readxl)
---
#load data frame.
```{r}
load("europes.Rdata")
load("cities.Rdata")
---
#load the shape files
```{r}
europe_map <- st_read("europa.shp")
cities_point <- st_read("miasta_woj.shp")
```

- Don't Skip and set of codes, run one by one
- If you get any error messages, click the run button one more time.

## 14. Uruchom cały kod do końca, wizualizując obrazy map związanych ze stężeniem NO<sub>2</sub>

## 15. Jak zmieniać kolory map?

Po wygenerowaniu wszystkich map z kodu możesz teraz dowolnie bawić się kolorami. Opcję kolorów można zmienić z poziomu kodu, który został pokazany poniżej. Pamiętaj, że nie musisz uruchamiać kodu od początku po zmianie koloru. Możesz po prostu uruchomić kod w miejscu, w którym dokonano zmian. Jeśli kod nie zostanie uruchomiony, będziesz musiał uruchomić go od początku. Można pominąć instalację części bibliotecznej kodu. Dalszy proces zmiany koloru jest pokazany poniżej.

```
```{r}
library(ggplot2)
library(sf)

# Calculate the log of average NO2 values
europes$log_average_no2 <- log10(europes$average_no2 + 1) # Using Log scale to make it more colorful.

# Define a detailed color palette with rainbow colors
palette <- rainbow(11) " Delete this line and replace it with the code given below to

# Define breaks in the original scale
breaks_original <- seq(min(europes$average_no2, na.rm = TRUE),
                      max(europes$average_no2, na.rm = TRUE),
                      length.out = 5)

# Corresponding breaks in the log scale
breaks_log <- log10(breaks_original + 1)

# Plot the map
ggplot() +
  geom_sf(data = europes, aes(fill = log_average_no2, color = "white", size = 0.2) +
  scale_fill_gradientn(
    name = "Hourly NO2( µg/m3) at 0 level/ surface level)",
    colours = palette,
    breaks = breaks_log,
    labels = round(breaks_original, 1) # Display original values
  ) +
  coord_sf(xlim = c(-25, 70), ylim = c(35, 70)) +
  labs(title = "NO2 Concentration in European Countries") +
  theme_minimal() +
  theme(
    legend.text = element_text(size = 10), # Ensure the legend text is visible
    legend.title = element_text(size = 12) # Ensure the legend title is visible
  )
```
```

Aby zmienić kolor mapy, można zastąpić kod : `Palette<- rainbow(11)` używając

```
palette <- c( "red", "orange", "yellow", "green", "blue",  
"purple", "pink", "brown", "cyan", "magenta" )
```

Wybierz odpowiedni kolor i uruchom kod.

Możesz również zmienić tytuł, dostosowując kod w wierszu : `title(„NO2 w krajach europejskich.”)`



```

#POLLUTION IN POLAND IN DIFFERENT
```{r}
ggplot() +
  # Plot the Poland shape
  geom_sf(data = poland_map, fill = "white", color = "black") +
  # Plot the cities with size based on no2_conc
  geom_sf(data = cities, aes(size = no2_conc), color = "red", alpha = 0.6) +
  # Add city names as text labels
  geom_text(data = cities, aes(x = st_coordinates(geometry)[,1],
                              y = st_coordinates(geometry)[,2],
                              label = NAZ),
            size = 3, hjust = 1, vjust = 1, nudge_y = 0.1) +
  # Adjust the size range
  scale_size_continuous(range = c(1, 10)) +
  # Add labels and theme
  labs(title = "Pollution Levels in Polish Cities",
        subtitle = "NO2 Concentration",
        size = "Hourly NO2 Conc. ( µg/m3) at 0 level/ surface Level") +
  theme_minimal() +
  theme(
    axis.title.x = element_blank(),
    axis.text.x = element_blank(),
    axis.ticks.x = element_blank(),
    axis.title.y = element_blank(),
    axis.text.y = element_blank(),
    axis.ticks.y = element_blank(),
    plot.title = element_text(hjust = 0.5), # Center the title
    legend.position = "right", # Position legend on the right
    legend.title = element_text(size = 10), # Adjust legend title size
    legend.text = element_text(size = 8)
  )
)

```

Możesz zmienić kolor stężeń pokazanych na mapie, zmieniając tekst „czerwony” i „czarny” na kolory, które lubisz. Można również zmienić zakres wielkości kropek, zmieniając liczbę w `scale_size_continuous(range = c(1, 10))`.

Na przykład

```

scale_size_continuous(range = c(1, 11)))
scale_size_continuous(range = c(1, 20)))

```

Tytuły i podtytuły można zmienić, modyfikując tekst wewnątrz nich

Po zakończeniu możesz zobaczyć nowe pliki dodane do oryginalnego folderu „Data”.

- Pollution\_levels\_in\_europe.png
- Pollution\_levels\_polish\_cities.png

Są to zapisane obrazy z wykonanych kodów.

## Więcej informacji

### JAK POZYSKIWANE I PRZETWARZANE SĄ DANE?

Dane są uzyskiwane z CAMS przy użyciu modelu GEM-AQ i przetwarzane przy użyciu języka R. Jeśli chcesz dowiedzieć się więcej na temat obsługi danych, szczegóły dotyczące wyodrębniania danych i obsługi danych zgodnie z Twoimi potrzebami są dalej wyjaśnione w „Extraction and processing of netcdf files.pdf” wewnątrz pliku „EXTRACTION OF DATA”.

Pliki NetCdf zostały przetworzone poprzez wyodrębnienie danych z The Copernicus Atmosphere Monitoring Service (CAMS), europejskich prognoz jakości powietrza pochodzących z modelu GEM-AQ dla 12 godzin na poziomie zerowym w dniu 2024-07-15. (<https://ads-beta.atmosphere.copernicus.eu/datasets/cams-europe-air-quality-forecasts?tab=overview>)

Przetworzone pliki NetCDF są zapisywane jako ramki danych (europes.RData i cities.RData). Plik notatnika R jest zatytułowany „codes.Rmd” i zawiera polecenie R do załadowania przetworzonej ramki danych i wyświetlenia odpowiednich map.

Wszystkie dane niezbędne do przeprowadzenia ćwiczenia są przechowywane w folderze o nazwie „Data”.

Dla osób zainteresowanych dowiedzeniem się więcej o ekstrakcji danych z CAMS i przetwarzaniu plików NetCDF w celu uzyskania odpowiednich ramek danych, wszystkie istotne informacje są wyjaśnione w folderze „EXTRACTION OF DATA” w pliku pdf zatytułowanym „Extraction and processing of NetCdf files.pdf”. Zawiera on również folder „DATA2” z notatnikiem R zatytułowanym „codes2.Rmd”, który zawiera cały kod określający sposób ekstrakcji i przetwarzania danych w celu utworzenia wizualizacji.

### POZYSKIWANIE DANYCH

Dane mogą być pozyskiwane przez studentów za pośrednictwem CAMS Atmospheric Data Store (ADS), który jest dostępny pod adresem <https://ads.atmosphere.copernicus.eu>. Przed uzyskaniem dostępu do danych użytkownik musi się zarejestrować i zalogować na stronie internetowej. Rejestracja nie wiąże się z żadnymi kosztami.





# INSTRUKCJA

## Pobieranie danych z serwisu Copernicus Atmospheric Monitoring Service (CAMS)

**Copernicus Atmosphere Monitoring Service (CAMS)** zapewnia spójne i wysokiej jakości informacje dotyczące zanieczyszczenia powietrza i zdrowia, energii słonecznej, gazów cieplarnianych i zmian klimatycznych na całym świecie.

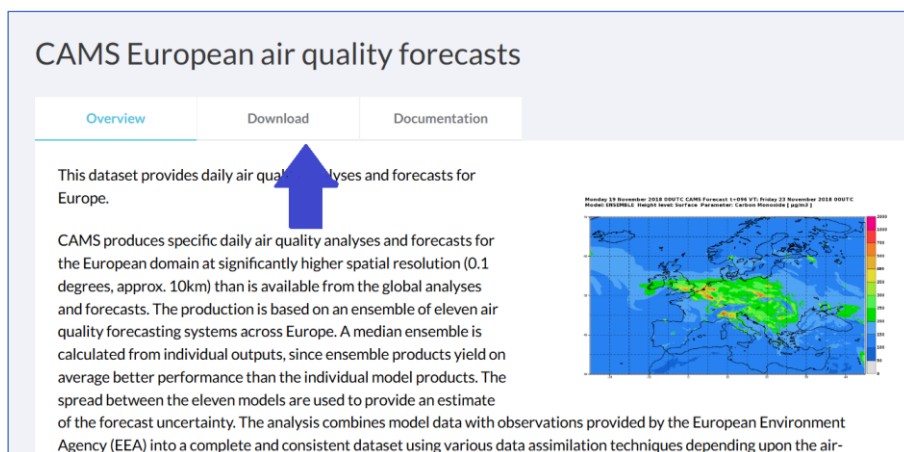
CAMS jest jedną z sześciu usług, które tworzą Copernicus, program obserwacji Ziemi Unii Europejskiej, który przygląda się naszej planecie i jej środowisku dla wspólnych korzyści wszystkich obywateli Europy. Copernicus oferuje usługi informacyjne oparte na satelitarnej obserwacji Ziemi, danych in situ (niasatelitarnych) i modelowaniu.

CAMS jest wdrażany przez Europejskie Centrum Prognoz Średnioterminowych (ECMWF) w imieniu Komisji Europejskiej. ECMWF jest niezależną organizacją międzyrządową wspieraną przez 35 państw. Jest to zarówno instytut badawczy, jak i całodobowa usługa operacyjna, produkująca i rozpowszechniająca numeryczne prognozy pogody w państwach członkowskich.

### Jak uzyskać dane z serwisu Copernicus Atmospheric Monitoring System (CAMS)

Informacje wykorzystane w tym eksperymencie zostały pobrane z bazy danych atmosferycznych CAMS. Poniżej znajdują się instrukcja pobierania danych. Należy pamiętać, że dostęp do repozytorium danych atmosferycznych wymaga wcześniejszej rejestracji na stronie internetowej. Rejestracja nic nie kosztuje.

1. Wejdź na stronę <https://ads-beta.atmosphere.copernicus.eu/datasets/cams-europe-air-quality-forecasts?tab=overview> i kliknij „Download”



CAMS European air quality forecasts

Overview Download Documentation

This dataset provides daily air quality analyses and forecasts for Europe.

CAMS produces specific daily air quality analyses and forecasts for the European domain at significantly higher spatial resolution (0.1 degrees, approx. 10km) than is available from the global analyses and forecasts. The production is based on an ensemble of eleven air quality forecasting systems across Europe. A median ensemble is calculated from individual outputs, since ensemble products yield on average better performance than the individual model products. The spread between the eleven models are used to provide an estimate of the forecast uncertainty. The analysis combines model data with observations provided by the European Environment Agency (EEA) into a complete and consistent dataset using various data assimilation techniques depending upon the air-



## 2. Wybierz zanieczyszczenie

**Variable** [Select all](#) [Clear all](#) ?

<input type="checkbox"/> Alder pollen	<input type="checkbox"/> Ammonia	<input type="checkbox"/> Birch pollen
<input type="checkbox"/> Carbon monoxide	<input type="checkbox"/> Dust	<input type="checkbox"/> Formaldehyde
<input type="checkbox"/> Glyoxal	<input type="checkbox"/> Grass pollen	<input type="checkbox"/> Mugwort pollen
<input checked="" type="checkbox"/> Nitrogen dioxide	<input type="checkbox"/> Nitrogen monoxide	<input type="checkbox"/> Non-methane VOCs
<input type="checkbox"/> Olive pollen	<input type="checkbox"/> Ozone	<input checked="" type="checkbox"/> Particulate matter < 2.5 µm (PM2.5)
<input type="checkbox"/> Particulate matter < 10 µm (PM10)	<input type="checkbox"/> Peroxyacyl nitrates	<input type="checkbox"/> PM2.5, total organic matter only
<input type="checkbox"/> PM10, sea salt (dry) only	<input type="checkbox"/> PM10, wildfires only	<input type="checkbox"/> Ragweed pollen
<input type="checkbox"/> Residential elementary carbon	<input type="checkbox"/> Secondary inorganic aerosol	<input type="checkbox"/> Sulphur dioxide
<input type="checkbox"/> Total elementary carbon		

Możesz wybrać dowolny zestaw zmiennych w zależności od analizy, do ćwiczeń wybrano dwutlenek azotu i PM2.5.

## 3. Wybierz model

**Model** [Select all](#) [Clear all](#)

<input checked="" type="checkbox"/> Ensemble median	<input type="checkbox"/> CHIMERE
<input type="checkbox"/> EMEP	<input type="checkbox"/> LOTOS-EUROS
<input type="checkbox"/> MATCH	<input type="checkbox"/> MOCAGE
<input type="checkbox"/> SILAM	<input type="checkbox"/> EURAD-IM
<input type="checkbox"/> DEHM	<input checked="" type="checkbox"/> GEM-AQ
<input type="checkbox"/> MINNI	<input type="checkbox"/> MONARCH

W przykładzie wybrano model GEM-AQ.

## 4. Wybierz poziom (wysokość nad poziomem morza), na którym będzie pokazywany poziom zanieczyszczeń. Do ćwiczeń wybrano poziom 0, czyli poziom powierzchniowy.



**Level** [Select all](#) [Clear all](#)

<input checked="" type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 50
<input type="checkbox"/> 100	<input type="checkbox"/> 250
<input type="checkbox"/> 500	<input type="checkbox"/> 750
<input type="checkbox"/> 1000	<input type="checkbox"/> 2000
<input type="checkbox"/> 3000	<input type="checkbox"/> 5000

4. Wybierz datę rozpoczęcia i zakończenia analizy

**Date**

Start date End date

2024 - 07 - 15  2024 - 07 - 16 

5. Wybierz typ danych. Można wybrać analizę lub prognozę – natomiast w tym ćwiczeniu będziemy używali prognozy. Należy wybrać zatem „Forecast”.

**Type** [Select all](#) [Clear all](#)

Analysis  Forecast

6. Wybierz czas modelu

**Time** [Clear all](#)

<input checked="" type="checkbox"/> 00:00	<input type="checkbox"/> 01:00
<input type="checkbox"/> 02:00	<input type="checkbox"/> 03:00
<input type="checkbox"/> 04:00	<input type="checkbox"/> 05:00
<input type="checkbox"/> 06:00	<input type="checkbox"/> 07:00
<input type="checkbox"/> 08:00	<input type="checkbox"/> 09:00
<input type="checkbox"/> 10:00	<input type="checkbox"/> 11:00
<input type="checkbox"/> 12:00	<input type="checkbox"/> 13:00
<input type="checkbox"/> 14:00	<input type="checkbox"/> 15:00
<input type="checkbox"/> 16:00	<input type="checkbox"/> 17:00
<input type="checkbox"/> 18:00	<input type="checkbox"/> 19:00
<input type="checkbox"/> 20:00	<input type="checkbox"/> 21:00
<input type="checkbox"/> 22:00	<input type="checkbox"/> 23:00



7. Wybierz godzinę przeprowadzenia analizy

**Leadtime hour** [Select all](#) [Clear all](#)

<input type="checkbox"/> 0	<input type="checkbox"/> 1
<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3
<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5
<input type="checkbox"/> 6	<input type="checkbox"/> 7
<input type="checkbox"/> 8	<input type="checkbox"/> 9
<input type="checkbox"/> 10	<input type="checkbox"/> 11
<input checked="" type="checkbox"/> 12	<input type="checkbox"/> 13
<input type="checkbox"/> 14	<input type="checkbox"/> 15
<input type="checkbox"/> 16	<input type="checkbox"/> 17
<input type="checkbox"/> 18	<input type="checkbox"/> 19
<input type="checkbox"/> 20	<input type="checkbox"/> 21
<input type="checkbox"/> 22	<input type="checkbox"/> 23

8. Wybierz obszar domeny. Samodzielnie wprowadź szerokość i długość geograficzną, jak pokazano na ilustracji poniżej.

**Geographical area** [?](#)

Whole available region  
With this option selected the entire available area will be provided

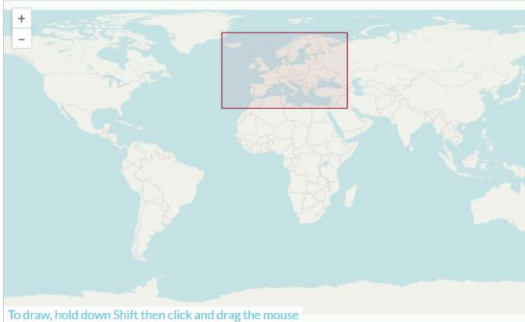
---

Sub-region extraction [?](#)

North

West  East

South



To draw, hold down Shift then click and drag the mouse

9. Wybierz format danych

**Data format** [Clear all](#)

GRIB  Zipped netCDF

## 10. Kliknij „Submit form”

**Terms of use**  
[Licence to use Copernicus Products](#)  
✓ Accepted

---

### API request

Please go to the [documentation page](#) for information as to

```
</> Show API request code
```

[Submit form](#) [Clear all fields](#)

## 11. Możesz teraz pobrać swoje dane.

Your requests					
All	Queued	In progress	Failed	Complete	
3 of 3 total requests ?					<a href="#">Delete selected</a>
Product	Submission	End	Status	Actions	
<a href="#">CAMS European air quality forecasts</a> > <a href="#">Details</a>	2024-10-04 01:05:01pm	2024-10-04 01:25:27pm	<span>Complete</span> 00:20:25	<a href="#">Download</a> 9.42 MB	<input type="checkbox"/>

## Dostępność danych w CAMS

Usługa Copernicus Atmosphere Monitoring Service (CAMS) zapewnia obszerne dane na temat składu atmosfery, w tym jakości powietrza, gazów cieplarnianych i promieniowania słonecznego. Dane te są dostępne za pośrednictwem różnych narzędzi i platform. Poniżej podsumowanie dostępności danych w CAMS i sposobu, w jaki można uzyskać do nich dostęp.

### Typy danych dostępnych w serwisie CAMS:

1. Jakość powietrza
  - Stężenia zanieczyszczeń powietrza w czasie rzeczywistym: PM2.5, PM10, NO2, SO2, CO, O3
  - Prognoza jakości powietrza na okres do 5 dni
  - Kompleksowa analiza jakości powietrza z ostatnich lat
2. Gazy cieplarniane
  - Obserwacja i analiza gazów cieplarnianych m.in. CO2, CH4
  - Przepływ gazów cieplarnianych między atmosferą a powierzchnią lądu/oceanu



### 3. Warstwa ozonowa

- Monitorowanie warstwy ozonowej i jej zmian
- Prognoza zmiany warstwy ozonowej i promieniowania UV

### 4. Promieniowanie słoneczne

- Informacje o powierzchniowym promieniowaniu słonecznym
- Prognozy i analizy dotyczące zastosowań energii słonecznej

## Czym jest plik NetCDF?

NetCDF (Network Common Data Form) to zestaw bibliotek oprogramowania i niezależnych od maszyn formatów danych, które obsługują tworzenie, dostęp i udostępnianie danych naukowych zorientowanych na tablice. Jest to narzędzie używane przez naukowców i badaczy do przechowywania i udostępniania dużych ilości danych, zwłaszcza danych zorganizowanych w siatki lub tablice. Można to porównać do bardzo dobrze zorganizowanej cyfrowej szafki na informacje naukowe.

Każda zmienna w NetCDF jest jak kolumna w arkuszu kalkulacyjnym. Na przykład, jeśli przechowujesz dane dotyczące temperatury, możesz mieć zmienną dla temperatury. Zmienne są przechowywane w siatce lub tablicy. Wymiary są jak etykiety wierszy i kolumn w arkuszu kalkulacyjnym. Na przykład wymiarami mogą być „czas”, „szerokość geograficzna” i „długość geograficzna”.

## Ćwiczenie

Otwórz plik „codes2.Rmd” wewnątrz folderu „DATA2” w „EXTRACTION OF DATA”. Można go otworzyć za pomocą zwykłego notatnika lub programu RStudio. Możesz porównać opis wspomniany tutaj z rzeczywistym kodem, aby lepiej go zrozumieć.

Przed rozpoczęciem właściwego ćwiczenia skopiuj folder DATA2 do tej samej ścieżki, co w ćwiczeniu 1 i użyj tego folderu jako katalogu roboczego podczas wykonywania ćwiczenia.

## Instalacja bibliotek

Biblioteki w R można uznać za prawdziwe biblioteki z książkami, gdzie każda książka ma swój własny cel. Podobnie język R składa się z różnych bibliotek, które umożliwiają korzystanie z jego funkcji zgodnie z wymaganiami analizy. Możesz zainstalować bibliotekę w R używając *install.packages()*.

Na przykład: *install.packages(„rnatuarearth”)*



## Ładowanie bibliotek

Zainstalowana biblioteka powinna zostać załadowana. Pamiętaj, że po zainstalowaniu biblioteki raz nie musisz instalować jej ponownie. Można ją po prostu załadować w razie potrzeby.

Na przykład: `library(rnaturalearth)`

## Odczytywanie plików

Pliki Shape to popularny format używany do przechowywania danych geograficznych. Są jak cyfrowe mapy, które pomagają organizować i wizualizować informacje przestrzenne. Można je odczytać za pomocą polecenia `st_read()`

Na przykład:

```
europa<-  
st_read("europa.shp")  
cities<-  
st_read("miasta_woj.sh  
p")      poland<-  
st_read("Polska.shp")
```

Pamiętaj, że pliki Shape powinny być dostępne w katalogu roboczym podczas ich odczytywania. W tym ćwiczeniu plik shape jest już dostępny w folderze.

## Czytanie pliku NetCDF

Plik NetCDF można otworzyć za pomocą funkcji `nc_open()`.

Na przykład.

```
ncin <- nc_open(„GEMAQ_FORECAST.nc“).
```

Podobnie, pliki NetCDF można drukować za pomocą zwykłego polecenia `print`. Na przykład `Print(ncin)`

Co daje szczegółowe informacje na temat zmiennych i wymiarów przechowywanych w pliku netCDF.



```

2 variables (excluding dimension variables):
  float no2_conc[longitude,latitude,level,time]
    _Fillvalue: -999
    species: Nitrogen Dioxide
    units: µg/m3
    value: hourly values
    standard_name: mass_concentration_of_nitrogen_dioxide_in_air
  float pm2p5_conc[longitude,latitude,level,time]
    _Fillvalue: -999
    species: PM2.5 Aerosol
    units: µg/m3
    value: hourly values
    standard_name: mass_concentration_of_pm2p5_ambient_aerosol_in_air

4 dimensions:
  longitude Size:696
    long_name: longitude
    units: degrees_east
  latitude Size:404
    long_name: latitude
    units: degrees_north
  level Size:1
    long_name: level
    units: m
  time Size:2 *** is unlimited ***
    long_name: FORECAST time from 20240715
    units: hours

```

W tym przypadku plik NetCDF zawiera dwie zmienne `no2_conc` i `pm2p5_conc` w czterech wymiarach, którymi są długość i szerokość geograficzna, wysokość i czas.

### Wyciąganie zmiennych

Zmienne w pliku `nc` można wyodrębnić za pomocą polecenia `ncvar_get()`

```

polecenie.no2 <- ncvar_get(ncin, "no2_conc")

lon <- ncvar_get(ncin,
"longitude")  lat <-
ncvar_get(ncin,
"latitude")  time <-
ncvar_get(ncin,"time")
part<-ncvar_get(ncin,"pm2p5_conc")

```

Możesz prosto sprawdzić, jak jest przechowywany za pomocą polecenia `print ()`

Na przykład `print(no2).Filtering the Data:`

Wartość wypełnienia dla brakujących wartości w pliku NetCdf wyodrębnionym z modelu GEM-AQ wynosi -999. Należy ją zastąpić wartością NA, która jest standardową reprezentacją R dla brakujących danych.



```

pollution_array <-
ncvar_get(ncin,"no2_conc") fillvalue <-
ncatt_get(ncin,"no2_conc","_FillValue")

pollution_array[pollution_array == fillvalue$value] <- NA

```

## Podział danych

Dane są dostępne dla dwóch zmiennych (no2\_conc, pm2p5\_conc). Ponieważ analiza opiera się tylko na stężeniu NO<sub>2</sub> przez 1 godzinę. Dane powinny zostać podzielone na części.

Na przykład:

```

<- 1

time_slice <-
pollution_array[,m]
part_slice<-part[,m]

```

czyli [długość geograficzna, szerokość geograficzna, czas]. Ponieważ wyodrębniłeś plik nc tylko dla jednej godziny. w tym przypadku używamy 1. Jeśli dane obejmują 12 godzin, można je zapisać jako pollution\_array[,6], jeśli wymagane są dane dla szóstej godziny.

## Długość i szerokość geograficzna

Niektóre pliki z modelu mają długość i szerokość geograficzną w innej kolejności. Należy to dokładnie sprawdzić przed przetworzeniem. Plik nc, z którego korzystamy w tym ćwiczeniu, ma szerokość geograficzną od 0° do 360°, którą można przekonwertować na -180° do 180°

```
lon <- ifelse(lon >= 180, lon - 360, lon)
```

Ponadto szerokość geograficzna powinna zostać odwrócona, jeśli nie jest w porządku rosnącym order.  
lat<-rev(lat)

## Tworzenie siatki danych i pokazanie wyniku

Należy utworzyć siatkę danych, która ma taką samą liczbę dla szerokości i długości geograficznej, jak ta zawarta w pliku netCDF. Aby utworzyć ramkę danych, używamy:

```

df <- expand.grid(lon = lon,
lat = lat) df$no2_conc <-
as.vector(time_slice)

```



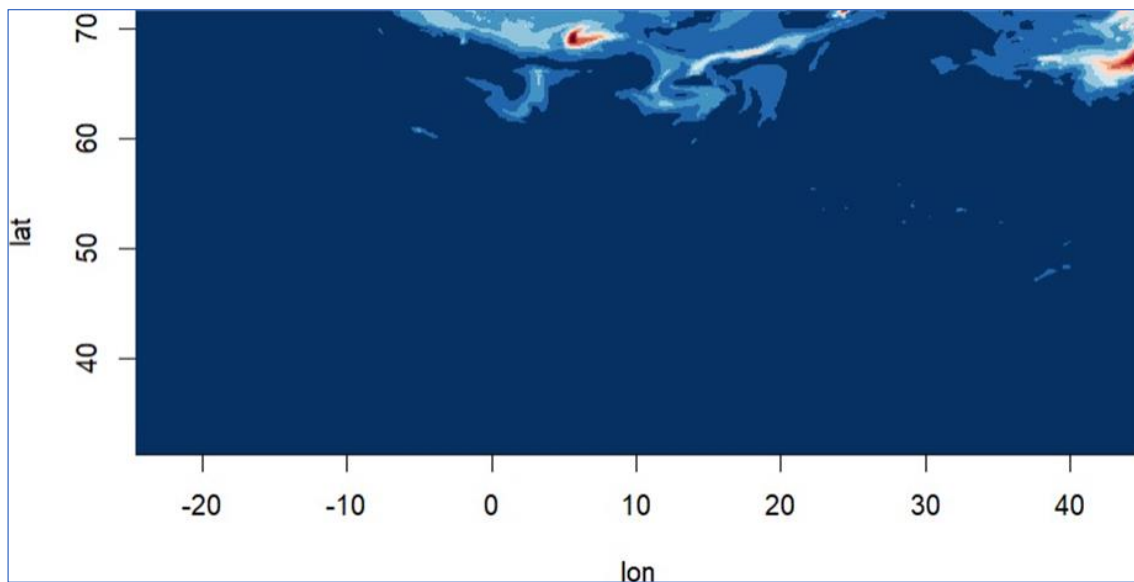


```
df$part<-  
as.vector(part_slice)
```

Ramka danych (df) została utworzona przy użyciu zaktualizowanej długości i szerokości geograficznej pliku nc. Nowe kolumny „no2\_conc” i „part” zostały dodane do ramki danych „df”.

## Wyniki

```
image(lon,lat,part_slice, col=rev(brewer.pal(10,"RdBu")))
```



Możesz po prostu wykreślić wynik za pomocą funkcji `image()`. Istnieje wiele sposobów na wykreślenie wyniku. Ponieważ mamy pliki kształtów z Europy, możemy również nałożyć je na siebie i wykreślić za pomocą funkcji `ggplot()`.

## Użyte biblioteki

Biblioteki należy poznać, aby zrozumieć kody w ćwiczeniu.

1. sf: Do pracy z danymi przestrzennymi i prostymi funkcjami.
2. ggplot2: Do tworzenia szerokiej gamy wykresów i wizualizacji.
3. dplyr: Do wydajnej manipulacji i przekształcania danych.
4. tmap: Do tworzenia map tematycznych i wizualizacji przestrzennych.
5. viridis: zapewnia jednolite percepcyjne skale kolorów.
6. ncdf4: Do odczytu i obsługi plików NetCDF.
7. raster: Do pracy z danymi rastrowymi.
8. RColorBrewer: Dla palet kolorów używanych w wizualizacjach. rnaturalearth: Dostęp do danych wektorowych i rastrowych Natural Earth.
9. rnaturalearthdata: Zawiera dane dla Natural Earth.

Więcej dokumentacji znajduje się pod linkiem:

[https://cran.r-project.org/web/packages/available\\_packages\\_by\\_date.html](https://cran.r-project.org/web/packages/available_packages_by_date.html)



PROGRAMME OF THE  
EUROPEAN UNION

