

Interreg

CENTRAL EUROPE

DEEPWATER-CE



European Union
European Regional
Development Fund

TAKING
COOPERATION
FORWARD



Drugie szkolenie Grupy Interesariuszy Międzysektorowych

Webinarium: my own conference, 22 październik 2020



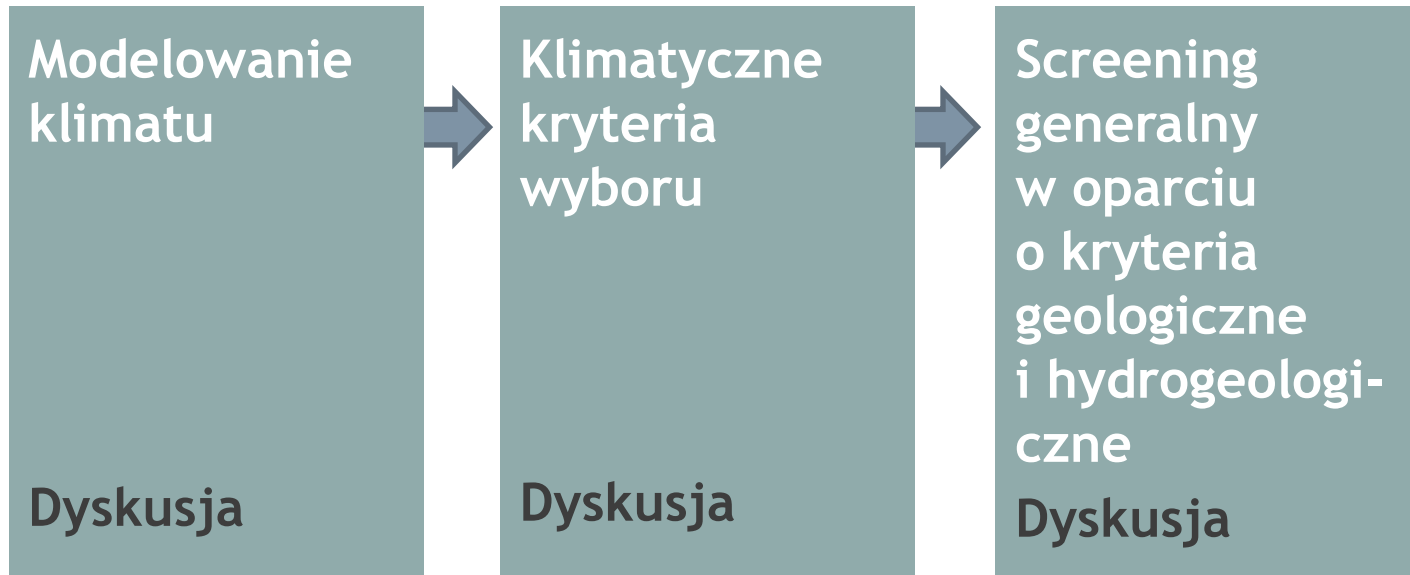
Kryteria generalne dla wyboru potencjalnych lokalizacji MAR

A.T1.3 Podnoszenie kwalifikacji interesariuszy w celu zapewnienia zintegrowanego podejścia środowiskowego do MAR



dr hab. Jacek Różkowski prof. UŚ, dr Sabina Jakóbczyk-Karpierz

Blok 2 Kryteria generalne wyboru potencjalnych lokalizacji MAR



A.T1.3 Podnoszenie kwalifikacji interesariuszy w celu zapewnienia zintegrowanego podejścia środowiskowego do MAR



Promieniowanie krótkofalowe - promieniowanie rozchodzące się w linii prostej od Słońca do powierzchni Ziemi.

Promieniowanie długofalowe - zwane też promieniowaniem termicznym emitowane jest przez powierzchnię Ziemi oraz atmosferę. To promieniowanie emitowane jest przez każdą materię o temperaturze wyższej od zera bezwzględnego

Obecna temperatura powierzchni Ziemi jest wynikiem **równowagi** pomiędzy dochodzącym do niej promieniowaniem słonecznym a uchodzącym z niej promieniowaniem podczerwonym.

By nie dochodziło do „**przegrzania**” Ziemi, promieniowanie podczerwone powinno opuszczać atmosferę. Jednak napotyka ono przeszkodę w postaci dwutlenku węgla i pary wodnej, znajdującej się w troposferze. Gazy te są prawie nieprzepuszczalne. Promieniowanie podczerwone ogrzewa zatem dolną atmosferę, a tym samym wtórnie Ziemię. Tę pułapkę energetyczną nazywamy efektem cieplarnianym. Dotychczas zasadniczą rolę w tym procesie odgrywała para wodna. Dziś rośnie rola drugiego i trzeciego gazu cieplarnianego, czyli **dwutlenku węgla i metanu**. Jeśli poziom stężenia tych gazów będzie wzrastał, możemy spodziewać się, że letnie temperatury, które dotychczas notowane były jako rekordowe, staną się przeciętne. Ekstremalne susze staną się normą, podobnie jak nawałnice i powodzie o niespotykanej dotąd skali.



Człowiek jest odpowiedzialny za wzrastający **poziom koncentracji CO₂ w atmosferze**. Większość antropogenicznych emisji pochodzi z sektora energetycznego, przede wszystkim ze spalania paliw kopalnych. Na początku rewolucji przemysłowej poziom CO₂ w atmosferze wynosił 280 ppm (cząsteczek na milion, czyli cząsteczek CO₂ na milion innych obecnych w atmosferze), ale w roku 1958 (kiedy rozpoczęła pomiary stacja na Hawajach) wartość ta wzrosła do 316 ppm. Niestety w 2012 roku średnie stężenie CO₂ wynosiło już 394 ppm, a w kolejnych latach osiągnęło krytyczny poziom 400 ppm. Oznacza to, że od początku XVII stulecia do dziś przybyło nam w atmosferze około 180 miliardów ton węgla. Koncentracja CO₂ z roku na rok rośnie o 2 cząsteczki na milion i proces ten przyspiesza. Do czego może to doprowadzić? Doskonale widać to zjawisko w szklarniach, gdzie jest cieplej niż na zewnątrz. Do nich bez przeszkód doptywa energia słoneczna (promieniowanie krótkofalowe), zaś promieniowanie zwrotne z wnętrza szklarni (długofalowe) jest w całości pochłaniane przez folię i szkło.

Inne cieplarniane gazy kierowane do troposfery (najniższej części atmosfery): **tlenki azotu, ozon i freony**.



Okno atmosferyczne - zakres spektralny promieniowania elektromagnetycznego słabo pochłaniany przez atmosferę. Dla atmosfery ziemskiej przypada on dla fal o długości 8 - 14 μm (w zakresie promieniowania podczerwonego). Okno atmosferyczne umożliwia emisję promieniowania ciepłego z powierzchni i atmosfery Ziemi w przestrzeń kosmiczną na poziomie ok. 100 W/m². W zakresach fal słabo pochłanianych przez atmosferę możliwa jest obserwacja powierzchni Ziemi z kosmosu (np. za pomocą kamer IR umieszczonych na satelitach).



1. Modelowanie klimatu

Klimat to wysoce złożony układ tworzony przez pięć głównych domen:

- atmosfera
- hydrosfera
- kriosfera
- litosfera
- biosfera

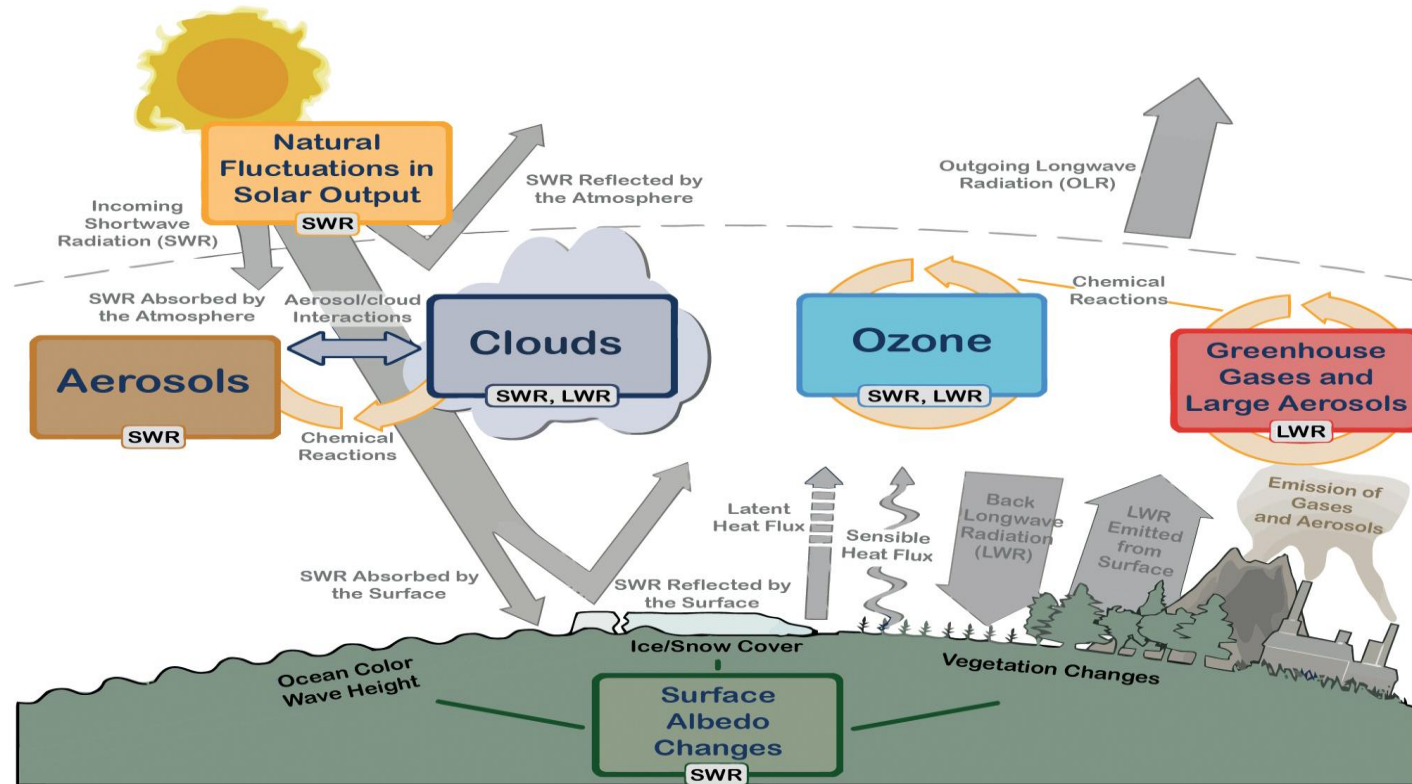
Główne czynniki wpływające na globalny system klimatyczny to:

- doptywające promieniowanie słoneczne
- jego propagacja w atmosferze (odbijanie, rozpraszanie, pochłanianie)
- jego rozkład geograficzny

Modelowanie klimatu pozwala oszacować reakcję systemu klimatycznego na występowanie przypuszczalnego wymuszonego podgrzewania atmosfery.

Analogicznie jak w prognozowaniu pogody, numeryczne modele klimatyczne wykorzystywane są w celu zrozumienia spodziewanych zmian klimatu. Modele te są oparte na opisie i parametryzacji procesów fizycznych decydujących o zachowaniu systemu klimatycznego.



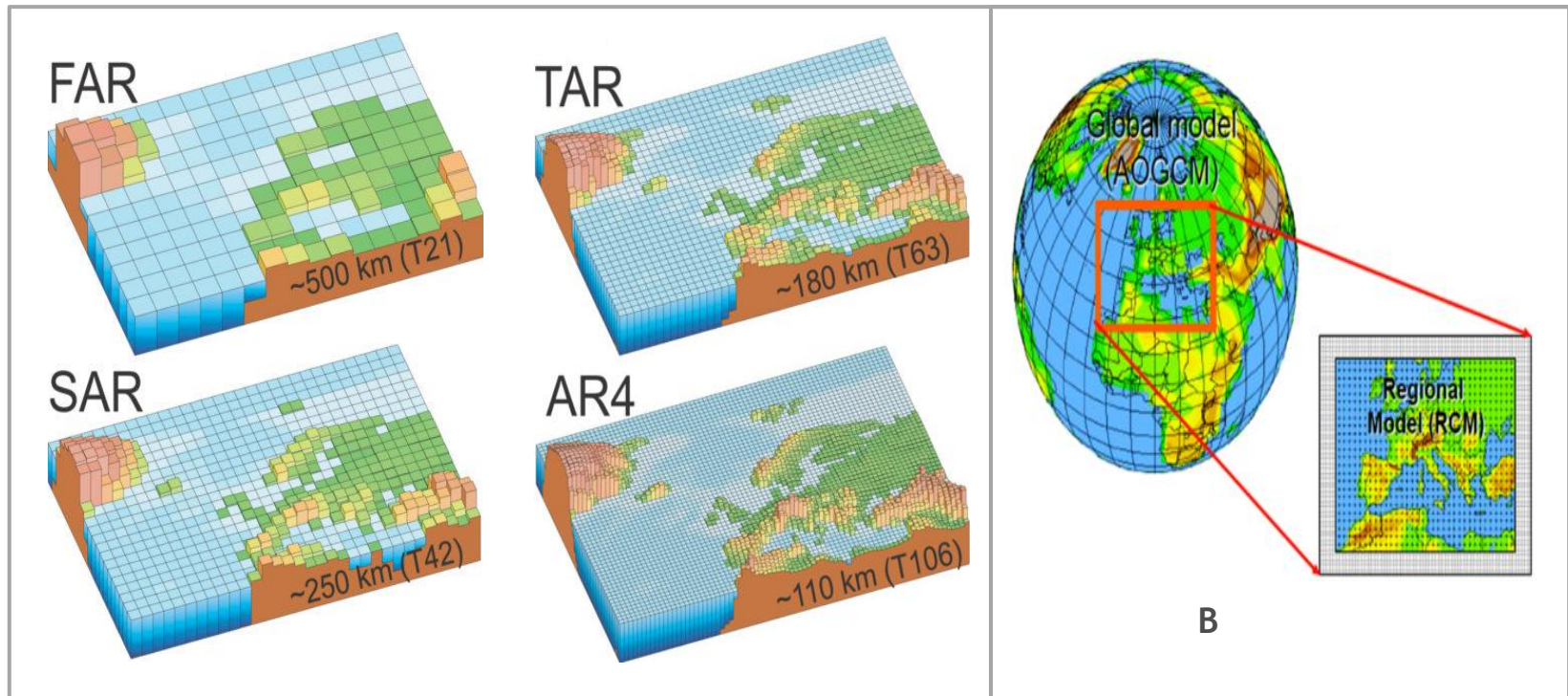


Główne czynniki zmiany klimatu (Cubasch i in., 2013)

SWR: promieniowanie krótkofalowe

LWR: promieniowanie długofalowe





A. Wzrost rozdzielczości przestrzennej w modelach klimatu odzwierciedlający postęp w rozwoju modelu w latach od 1990 do 2007 (Le Treut i in., 2007)

A

B. Rozdzielczości modelu globalnego i regionalnego (Gauss Centre for Supercomputing)



W modelach klimatu występuje niepewność, która w przewidywaniach klimatu regionalnego wynika m.in. z następujących czynników:

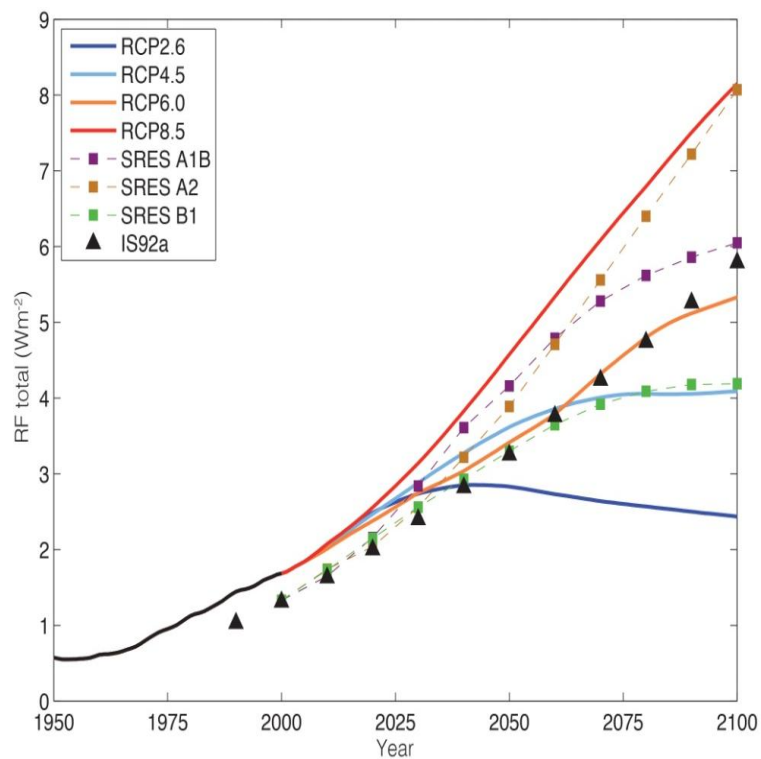
- konfiguracja modelu,
- scenariusze emisji i koncentracji gazów cieplarnianych,
- wewnętrznej zmienności RCM i GCM,
- nieliniowości występujących w systemie klimatycznym,
- zawężenie klimatu regionalnego do podregionu będącego przedmiotem zainteresowania.

Typowe scenariusze przewidują potencjalne przyszłe trendy emisji i zmian społeczno-gospodarczych, lecz nie uwzględniają możliwego łagodzenia skutków zmiany klimatu.

Wpływ na symulacje mają określone scenariusze emisji, zróżnicowanie modeli i metod, a także ogólna wewnętrzna charakterystyka zmienności systemu klimatycznego.

Im więcej uwzględnia się symulacji klimatu o różnych warunkach wyjściowych lub różnych modelach i metodach, tym lepiej można ograniczyć niepewność wyników symulacji.





Scenariusz	Opis
RCP2.6	Szczyt wymuszonego podgrzewania na poziomie $\sim 3 \text{ W/m}^2$ przed rokiem 2100, a następnie spadek
RCP4.5	Stabilizacja wymuszonego podgrzewania (bez ścieżki przekroczenia) na poziomie $\sim 4,5 \text{ W/m}^2$ krótko po roku 2100
RCP6.0	Stabilizacja wymuszonego podgrzewania (bez ścieżki przekroczenia) na poziomie $\sim 6 \text{ W/m}^2$ po roku 2100
RCP8.5	Ścieżka przyrostu wymuszonego podgrzewania z dojściem do poziomu $\sim 8,5 \text{ W/m}^2$ w 2100 r.

Przewidywania wymuszonego podgrzewania atmosfery do roku 2100 uwzględniające scenariusze SRES i RCP (IPCC 2014)

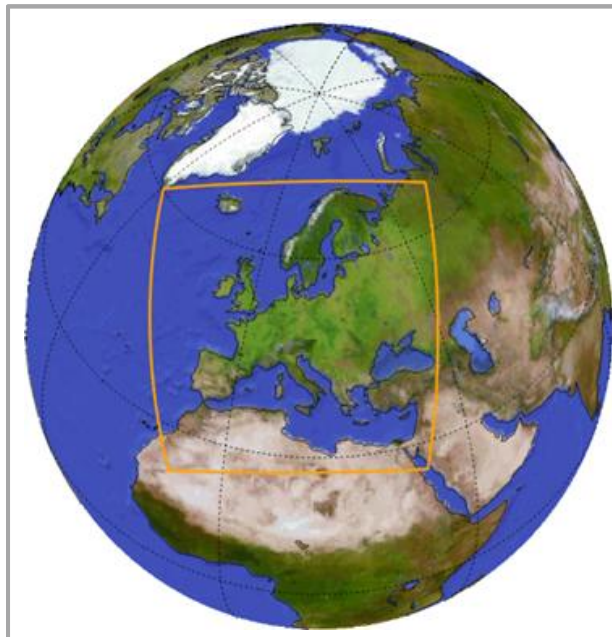


CORDEX to publicznie dostępna baza danych zawierająca wiele symulacji modeli klimatu.

Celem inicjatywy CORDEX (Coordinated Downscaling Experiment) było stworzenie platformy modelowania klimatu regionalnego, która umożliwiłaby opracowywanie i ocenę modeli klimatycznych, a także dokładniejsze określenie niepewności wyników.

Europejska domena tej inicjatywy nosi nazwę EURO-CORDEX i pokrywa obszar kontynentu europejskiego.





A. Region EURO-CORDEX (WCRP-CORDEX, 2015)



B. Obszar programu Interreg Central Europe

Zakres przestrzenny ujęty w bazie danych EURO-CORDEX umożliwia badanie obszarów Europy o dowolnej wielkości (ograniczonej rozdzielczością siatki) przy wykorzystaniu dostępnych symulacji i parametrów.



W prezentowanej ocenie obszaru Europy Środkowej rozważane są **cztery symulacje klimatu** dostępne w systemie CORDEX.

Te cztery symulacje zostały przeprowadzone przy wykorzystaniu regionalnego modelu klimatycznego RCA4 oraz danych z modeli globalnych: modelu CNRM-CM5 (umożliwiającego symulację aktualnego klimatu i jego zmienności) i modelu EC-EARTH (przewidującego zmienność klimatu) jako warunków brzegowych.

Symulacje oparto na **dwóch rodzajach scenariuszy** (o rozdzielczości przestrzennej 0.11°):

- **RCP4.5** - scenariusz stabilizacji, w którym wymuszone podgrzewanie stabilizuje się na poziomie $4,5 \text{ W/m}^2$ przed rokiem 2100 w wyniku zastosowania różnych technik i strategii redukcji emisji gazów cieplarnianych;
- **RCP8.5** - scenariusz zakładający osiągnięcie wymuszonego podgrzewania na poziomie $8,5 \text{ W/m}^2$, charakteryzujący się wzrostem emisji gazów cieplarnianych w czasie reprezentatywnym dla scenariuszy opisanych w literaturze, prowadzących do wysokiego stężenia gazów cieplarnianych.



Zastosowane symulacje klimatu

Model globalny	Model regionalny	Scenariusz
CNRM-CM5	RCA4	RCP4.5
CNRM-CM5	RCA4	RCP8.5
EC-EARTH	RCA4	RCP4.5
EC-EARTH	RCA4	RCP8.5



Wskaźniki klimatyczne:

Związane z klimatem kryteria wyboru są definiowane w oparciu o różne wskaźniki klimatyczne:

- dzienna temperatura
- maksymalna temperatura
- dane o opadach atmosferycznych

Wskaźniki te pomogą ustalić zapotrzebowania na rozwiązania MAR w oparciu o przewidywane przyszłe zmiany klimatu.

Kategorie narażenia na ekstremalne zjawiska pogodowe:

- niska
- umiarkowana
- wysoka
- ekstremalna



Schemat punktacji w kategoryzacji narażenia na ekstremalne zjawiska pogodowe

Klimatyczny bilans wodny Średnia 30-letnia dla okna klimatycznego	Wynik dla 30-lecia	Różnica klimatycznego bilansu wodnego pomiędzy oknem klimatycznym i okresem odniesienia	Wynik dla różnicy
> 75. percentyla	1	> 75. percentyla	1
50. percentyl - 75. percentyl	2	50. percentyl - 75. percentyl	2
25. percentyl - 50. percentyl	3	25. percentyl - 50. percentyl	3
< 25. percentyla	4	< 25. percentyla	4



Kategorie narażenia na ekstremalne zjawiska pogodowe z ostateczną punktacją

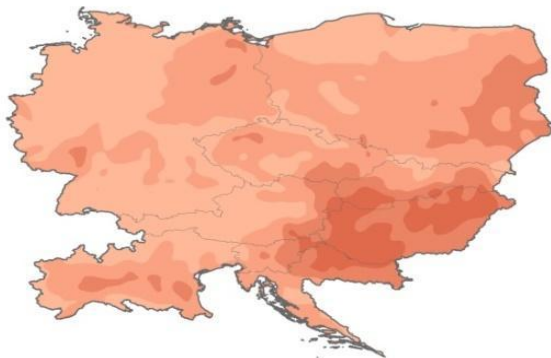
Wynik końcowy	KATEGORIA EKSPOZYCJI
1-4	Niewielka
5-8	Umiarkowana
9-12	Wysoka
13-16	Ekstremalna



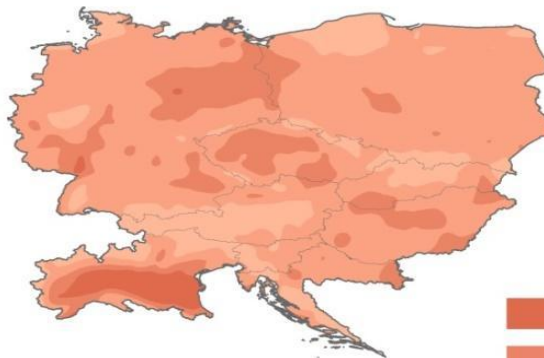
Narażenia na ekstremalne zjawiska pogodowe w latach 2021-2050

Climate exposure regarding four climate simulations for 2021–2050
Reference: 1971–2000

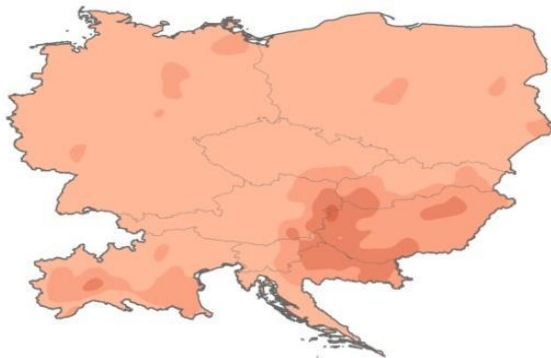
RCA4 / CNRM-CM5 / RCP4.5



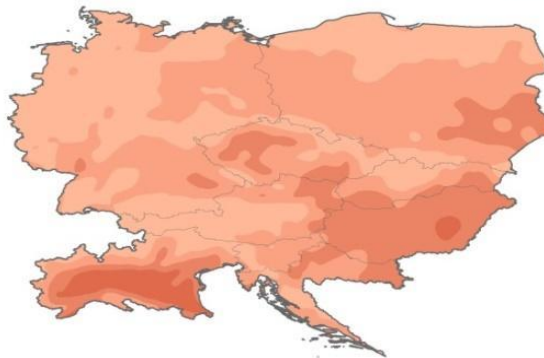
RCA4 / EC-EARTH / RCP4.5



RCA4 / CNRM-CM5 / RCP8.5




RCA4 / EC-EARTH / RCP8.5



- Extremely exposed
- Highly exposed
- Moderately exposed
- Slightly exposed

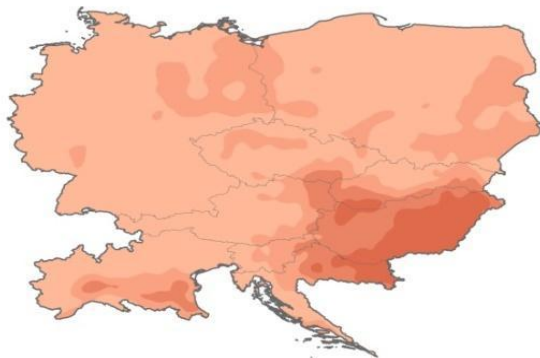
0 500 1 000 km



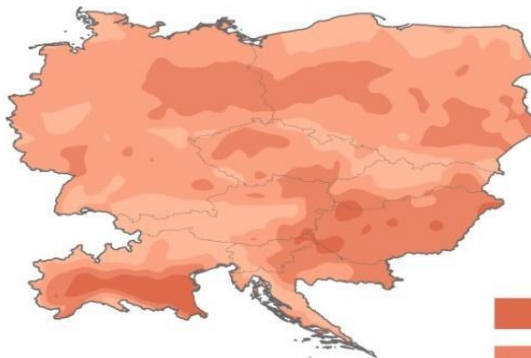
Narażenia na ekstremalne zjawiska pogodowe w latach 2071-2100

Climate exposure regarding four climate simulations for 2071–2100
Reference: 1971–2000

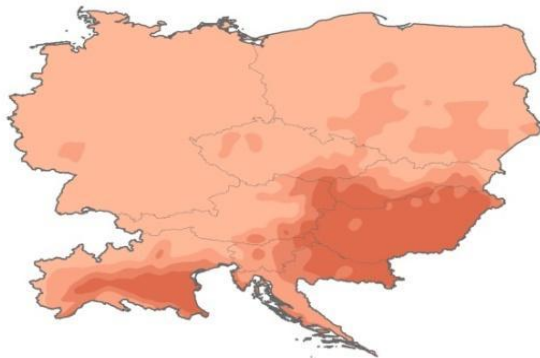
RCA4 / CNRM-CM5 / RCP4.5



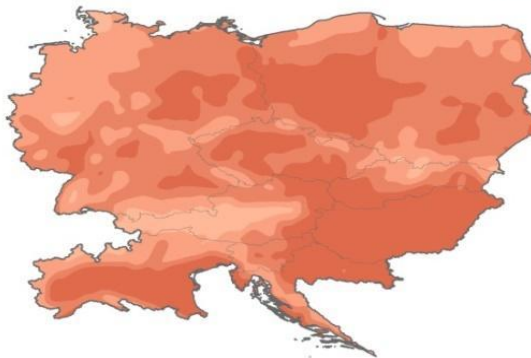
RCA4 / EC-EARTH / RCP4.5



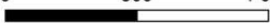
RCA4 / CNRM-CM5 / RCP8.5



RCA4 / EC-EARTH / RCP8.5



0 500 1 000 km



Screening generalny w oparciu o kryteria geologiczne i hydrogeologiczne

Mapy przydatności MAR uwzględniają dwa różne poziomy:

- generalny,
- szczegółowy.

Poziom generalny (General screening) prowadzony jest w większej skali, np. w skali całego kraju lub regionu, i polega na opracowaniu map obszarów, dla których istnieje potencjalna możliwość zastosowania instalacji MAR oraz obszarów, które wykluczają stosowanie MAR.

Drugi etap screeningu (Specific screening) prowadzony w skali subregionalnej. W efekcie powstają mapy obszarów, którym nadaje się kategorię przydatności pod kątem możliwości zastosowania MAR:

- wysoka przydatność,
- średnia przydatność,
- niska przydatność.

Ostatecznym rezultatem są dwa zbiory map odpowiednie dla różnych typów MAR.



Kluczowe aspekty wyboru parametrów geologicznych i hydrogeologicznych:

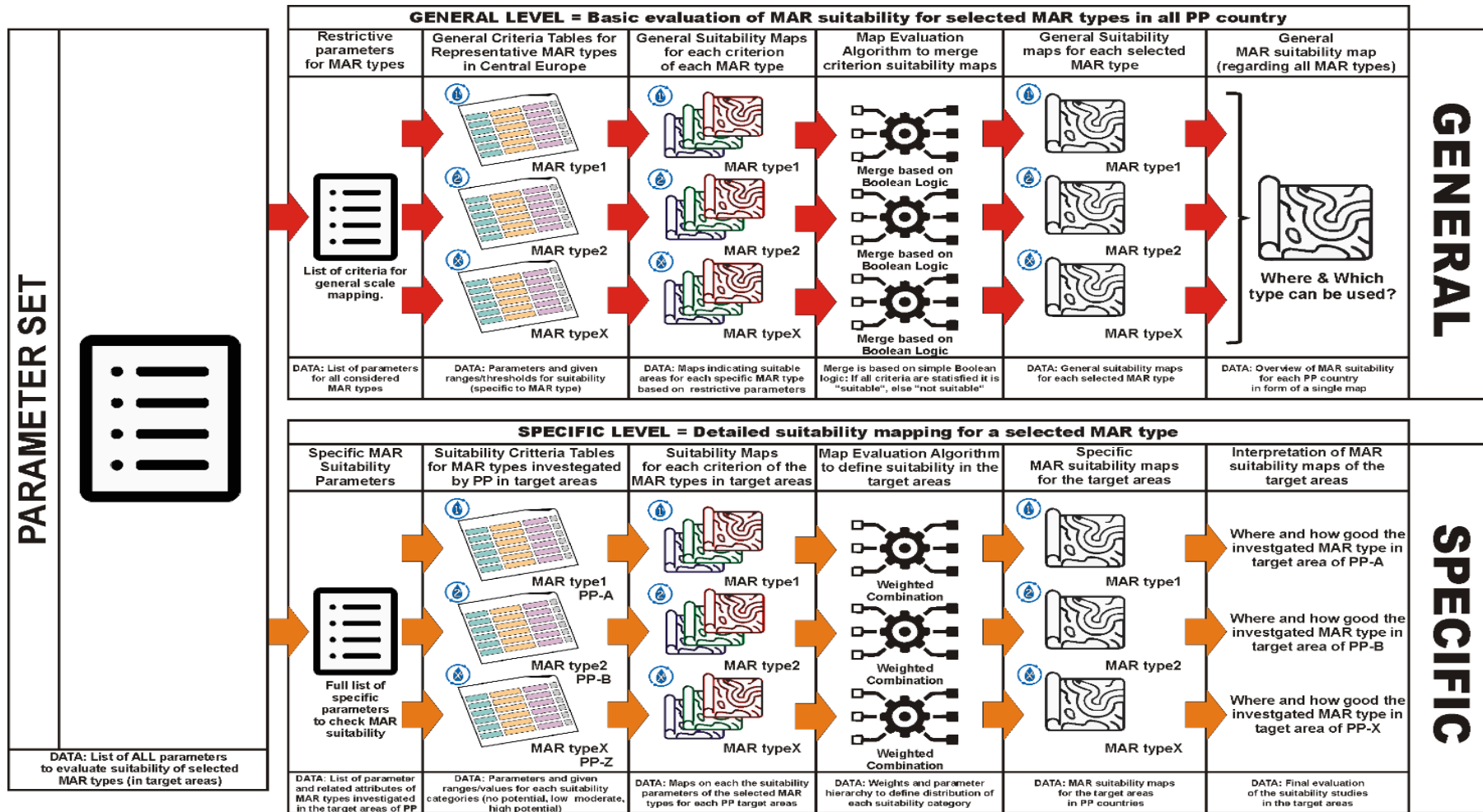
- ✓ parametry są przedstawione przestrzennie na mapach,
- ✓ parametry są skategoryzowane i przypisane do odpowiednich rang,
- ✓ parametry są dostępne na szczeblu środkowoeuropejskim (w krajach partnerskich).

Do ustalenia tych parametrów stosowane są następujące atrybuty:

- zerojedynkowy typ danych (tak/nie)
- wartość liczbowa (np. odległość = 100 m)
- kategoria (np. żwir, piasek, glina, itp.)



Schemat screeningu generalnego i szczegółowego



Parametry generalne to parametry ograniczające zastosowanie rozwiązań MAR.

Mapując te parametry i analizując je przestrzennie można wyłączyć obszary nieodpowiednie dla wdrożenia wybranych sześciu typów MAR (każdy oddzielnie).

Powstałe mapy pokazują obszary nieodpowiednie dla MAR na poziomie kraju lub regionu.



Parametry ograniczające stosowanie MAR

Kategoria główna	Nazwa parametru	Typ parametru	Wymiar	Objaśnienie
Charakterystyka źródła wody	Odległość od źródła wody powierzchniowej	Wartość liczbowa	Liczba / kategoria	<ul style="list-style-type: none"> - definiuje przydatność obszaru (duża odległość to wyższe koszty z powodu zapotrzebowania na infrastrukturę hydrauliczną do transportu wody)
Charakterystyka powierzchni	Litologia utworów przypowierzchniowych	Kategoria	Kategoria	<ul style="list-style-type: none"> - wpływa na warunki hydrauliczne i procesy biogeochemiczne, takie jak infiltracja i zasilanie warstw wodonośnych
	Nachylenie terenu	Wartość liczbowa	Liczba / kategoria	<ul style="list-style-type: none"> - obszary o zróżnicowanej rzeźbie terenu nie są optymalne dla niektórych typów MAR z powodu niekorzystnych warunków splotu powierzchniowego (duża intensywność splotu) - obszary o płaskiej rzeźbie terenu - naturalne zasilanie może być mniejsze niż na terenach pagórkowatych - obszary o niewielkim nachyleniu terenu odznaczają się niewielkim splotem powierzchniowym, jednocześnie charakteryzują się stosunkowo wysoką infiltracją; - na stromych stokach można spowolnić splot lub zapobiec mu częściowo, budując bariery fizyczne ułatwiające infiltrację

Parametry ograniczające MAR

Kategoria główna	Nazwa parametru	Typ parametru	Wymiar	Objaśnienie
Charakterystyka warstwy wodonośnej	Głębokość do stropu warstwy wodonośnej	Wartość liczbowa	Liczba / kategoria	- strop warstwy wodonośnej musi się znajdować na akceptowalnej głębokości z punktu widzenia kosztów operacyjnych MAR; parametr determinuje rozwiązania techniczne niektórych typów MAR
	Litologia warstwy wodonośnej	Kategoria	Główne typy podłoża skalnego	- wpływa na warunki hydrauliczne i procesy biogeochemiczne pod powierzchnią, takie jak przepływ wód podziemnych, właściwości retencyjne, a także transport zanieczyszczeń
	Głębokość do zwierciadła wód podziemnych	Wartość liczbowa	Liczba / kategoria	- przekłada się na zdolności magazynowania i dostępność wody (głębsze warstwy wodonośne wymagają innych systemów MAR niż warstwy płytkie; bardzo płytkie zwierciadło wód podziemnych jest nieodpowiednie dla MAR; etc.)



Wybór potencjalnych lokalizacji MAR na obszarach krasowych

Metodyka mapowania obszarów przydatnych pod kątem MAR w rejonach krasowych są oparte na kryteriach:

- geologicznych,
- hydrogeologicznych.

Istnieją znaczne rozbieżności w rozpatrywaniu przetwarzania danych geologicznych i hydrogeologicznych, a mianowicie ich rozdzielczość i skala mapowania. Stwierdzono, że znane dotychczas metody właściwe dla innych środowisk geologicznych nie są odpowiednie dla środowisk krasowych.

Z powodu niezwykle wysokiej złożoności i niejednorodności systemów krasowych wymagane jest przeprowadzenie rozległych badań w celu określenia parametrów geologicznych i hydrogeologicznych, które można uznać za odpowiednie do sporządzenia map przydatności dla MAR.



Dziękujemy za uwagę!

<https://www.interreg-central.eu/Content.Node/DEEPWATER-CE.html>

