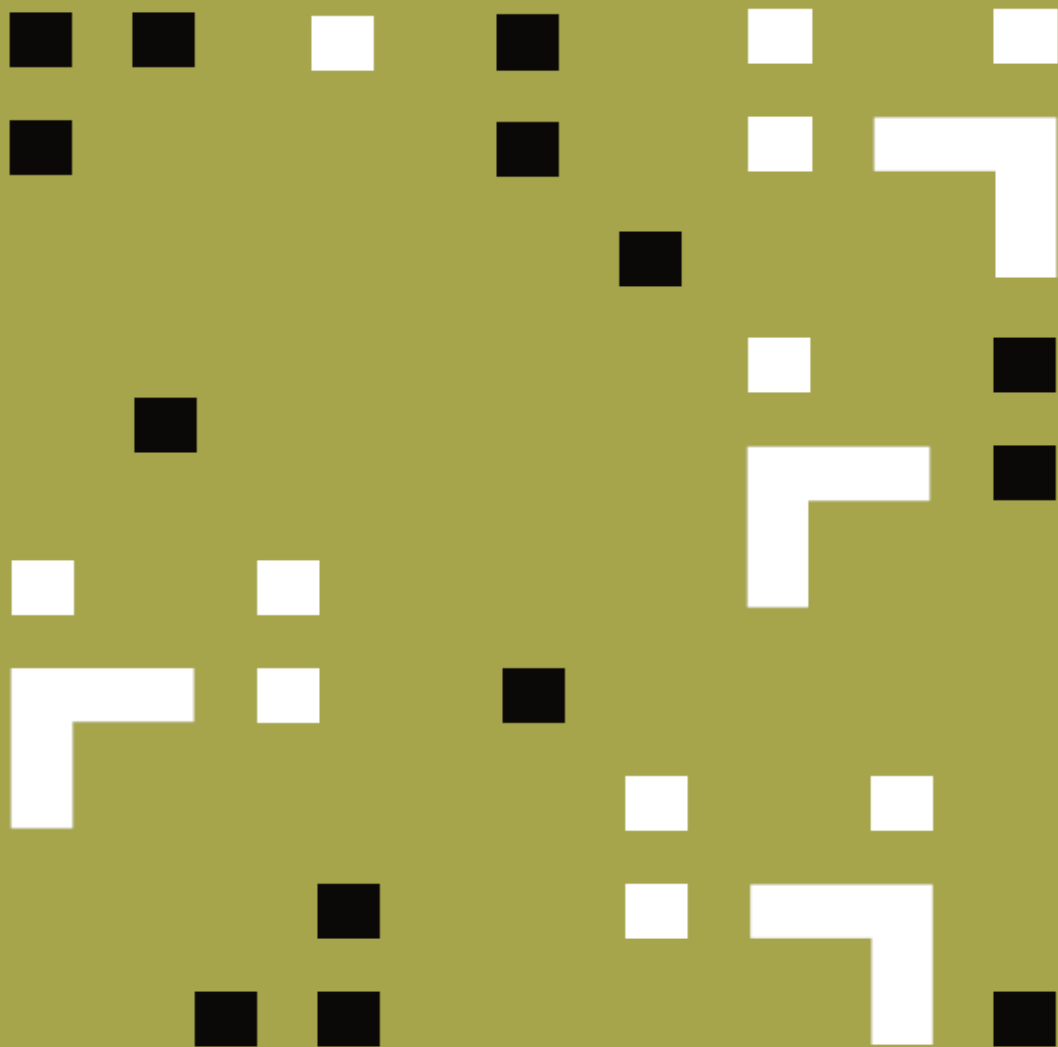


Rekultywacja terenów pogórnicznych w kontekście adaptacji do zmian klimatu i ochrony bioróżnorodności obszarów zurbanizowanych



PPO WSL 2030. Utworzenie Regionalnego Obserwatorium Innowacji.

IV Konferencja pt.:

Klimat i Bioróżnorodność

z cyklu **Innowacyjna Zielona Gospodarka**

Katowice, 25 października 2024

cullescuis evel maio tempor aut rae rem ellestem jeao dolor amet.



Fundusze Europejskie dla Śląskiego



Rzeczpospolita Polska

Dofinansowane przez Unię Europejską



Województwo Śląskie

dr Małgorzata Markowska, dr Łukasz Pierzchała; Główny Instytut Górnictwa – Państwowy Instytut Badawczy

REECOL

Projekt: Ekologiczna rehabilitacja i długoterminowy monitoring terenów pogórnicznych/ Ecological rehabilitation and long term monitoring of post-mining areas (REECOL)

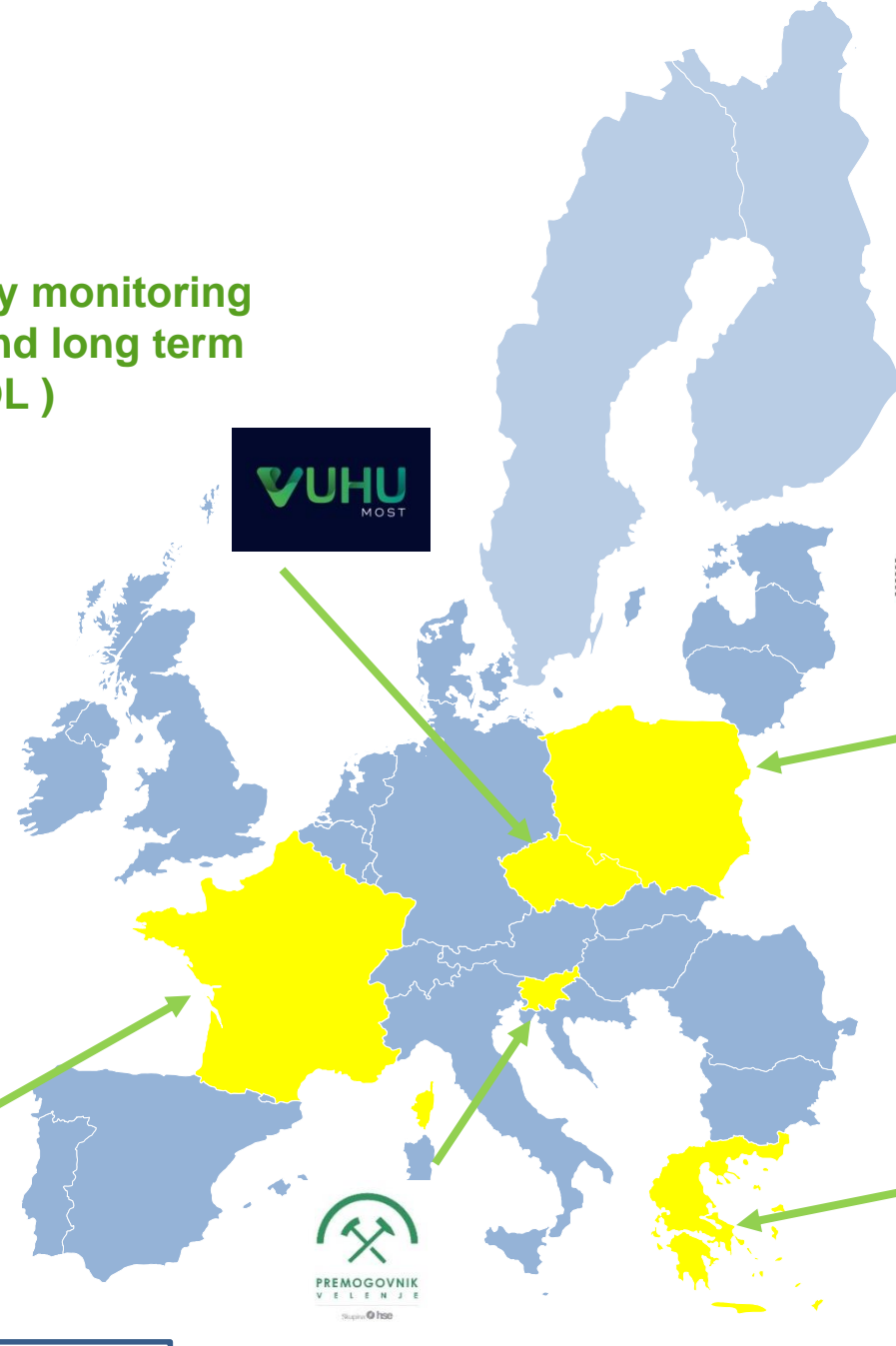
Finansowanie: Fundusz Węgla i Stali

Czas trwania: 1 lipca 2023 do 31 grudnia 2026

Partnerzy: rojekt REECOL realizowany jest przez międzynarodowe interdyscyplinarne konsorcjum, w skład którego wchodzi:

- 7 instytucji badawczych,
- 3 partnerów z przemysłu wydobywczego
- 1 przedsiębiorstwo z branży rekultywacyjnej.

W projekt zaangażowani są geolodzy, hydrogeolodzy, ekolodzy mikrobiologiczni, inżynierowie, biologzy, górnicy, chemicy, ekonomiści, eksperci IT itp. z 5 krajów europejskich.





REECOL



Zadanie 3.3:

Wpływ zmian klimatu na proces rehabilitacji ekosystemów na terenach górniczych

Głównym celem tego zadania była:

- Klasyfikacja stopnia degradacji ekosystemów na terenach zdegradowanych;
- Analiza wpływu zmian klimatu na dobór kierunków i sposobu rekultywacji terenów pokopalnianych oraz terenów czynnych zwałowisk i zakładów węgla kamiennego, które w najbliższym czasie ulegną wygaszeniu;

Rehabilitacja ekosystemów:

- Zakłada naprawę podstawowych struktur i funkcji ekosystemu w środowiskach dotkniętych presjami antropogenicznymi;
- Uznaje nieodwracalność niektórych zmian środowiskowych;
- Stara się zidentyfikować działania naprawcze, które zapewnią największą wartość ekologiczną (wykształcenie ekosystemów o największym potencjale do pełnienia usług ekosystemowych);
- Nie dąży do przywrócenia stanu środowiska sprzed zakłóceń.



ZMIANY KLIMATU

Zmiana klimatu, wg definicji Międzyrządowego Zespołu ds. Zmian Klimatu (IPCC), to:

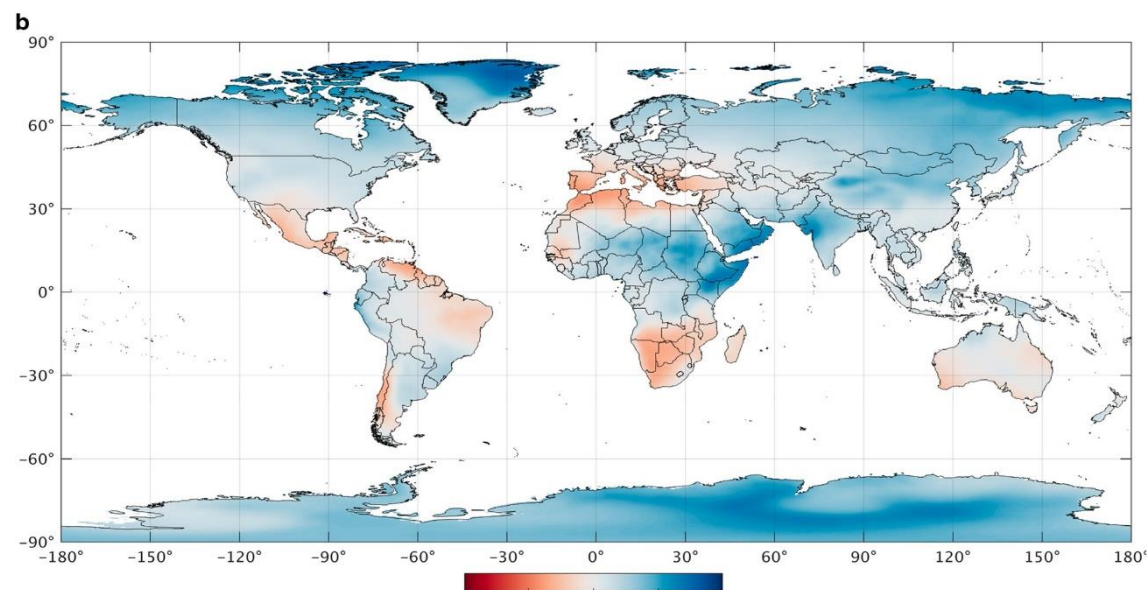
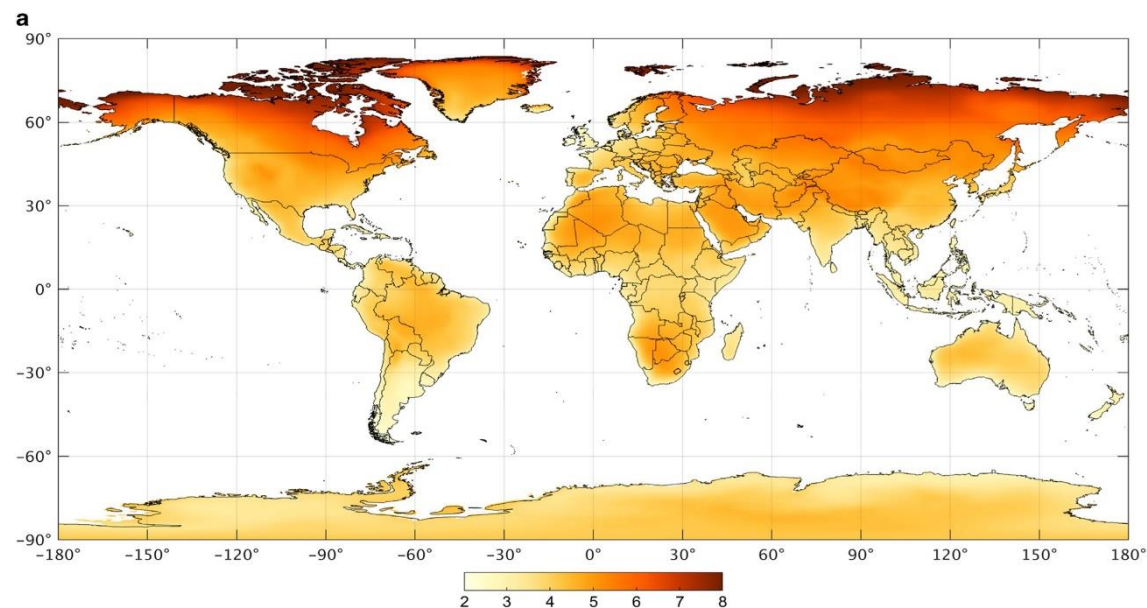
długotrwałe przekształcenia elementów klimatu, które potrafią utrzymywać się przez długi okres, mogący trwać lata, dekady lub nawet stulecia.

Przyczyny zmian klimatu w czasie:

- **naturalne**, które są następstwem cyklicznych procesów odbywających się w przyrodzie, jak i te pojawiające się w następstwie zjawisk ekstremalnych,
- **antropogeniczne**, wynikające z zintensyfikowanej działalności człowieka (m.in. przemysłowej, hodowlanej i rolniczej) skutkującej **emisją gazów cieplarnianych, takich jak dwutlenek węgla, metan i podtlenek azotu**, które zatrzymują ciepło słoneczne w atmosferze ziemskiej, powodując **efekt cieplarniany**.



Prognozowane zmiany a) średniej temperatury powietrza (°C) i b) opadów w latach 1980-2016 i 2071-2100 na podstawie danych wyjściowych modeli klimatycznych.



Source: Beck, H., Zimmermann, N., McVicar, T., et al. (2018) Present and future Köppen-Geiger climate classification maps at 1-km resolution. *Sci Data* 5, 180214 <https://doi.org/10.1038/sdata.2018.214>

SKUTKI ZMIAN KLIMATU

Scenariusze RCP (ang. Representative Concentration Pathways Zaodnie z raportami IPCC

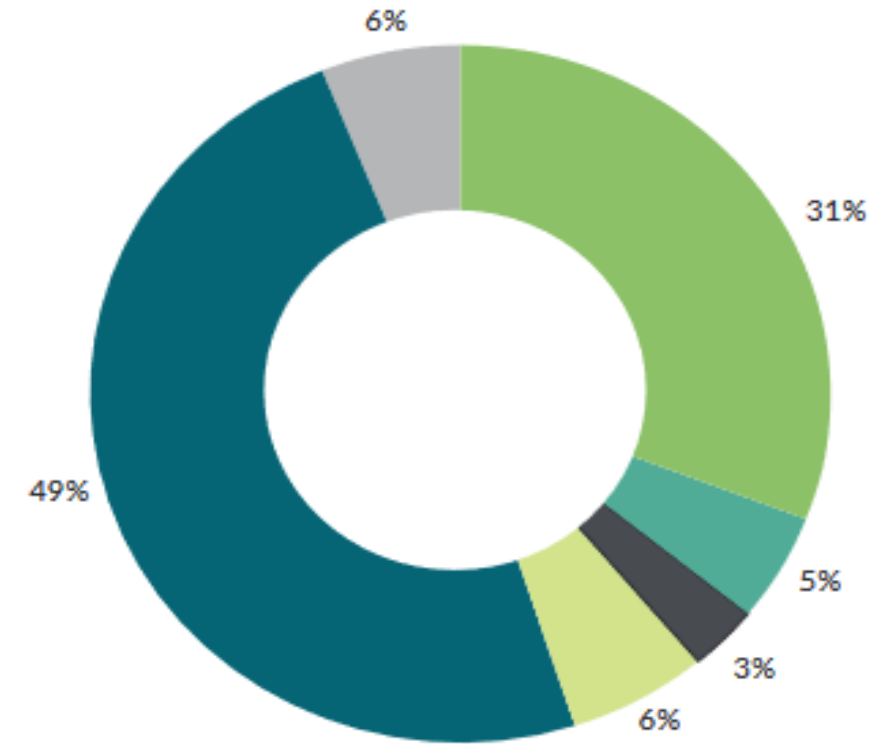
RCPs	Description	Mitigation	Likely increases in global temperatures
RCP8.5	Rising radiative forcing pathway leading to 8.5 W/m ² in 2100.	Business as usual	Likely to exceed 4°C
RCP6	Stabilization without overshoot pathway to 6 W/m ² at stabilization after 2100	Some Mitigation	Very Likely to exceed 2°C
RCP4.5	Stabilization without overshoot pathway to 4.5 W/m ² at stabilization after 2100	Strong Mitigation	Likely to exceed 2°C
RCP2.6	Peak in radiative forcing at ~ 3 W/m ² before 2100 and decline	Aggressive Mitigation	Not likely to exceed 2°C

Source: IPCC, 2014

Zmienia się charakter opadów w cieplej porze roku - opady są bardziej gwałtowne, krótkotrwałe, niszczycielskie, powodujące coraz częściej gwałtowne powodzie, szczególnie w obszarach miejskich, przy jednoczesnym występowaniu długotrwałych susz. Wzrasta też zagrożenie osuwiskami.



Procentowy udział liczby zjawisk na świecie w latach 2001-2019



- Burze i huragany
- Osuwiska
- Powodzie
- Ekstremalne warunki termiczne
- Pożary
- Susze

Źródło: Instytut Ochrony Środowiska – Państwowy Instytut Badawczy, „Atlas skutków zjawisk ekstremalnych w Polsce”, 2019,

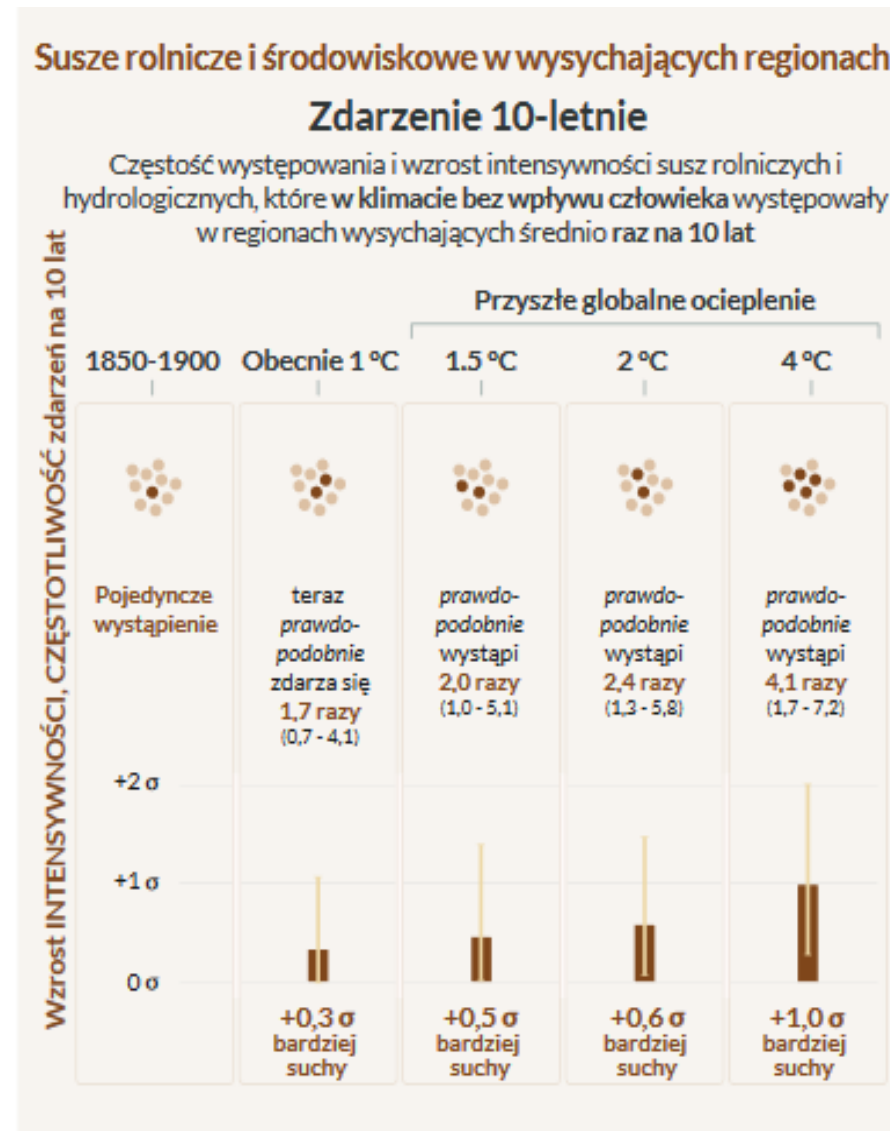
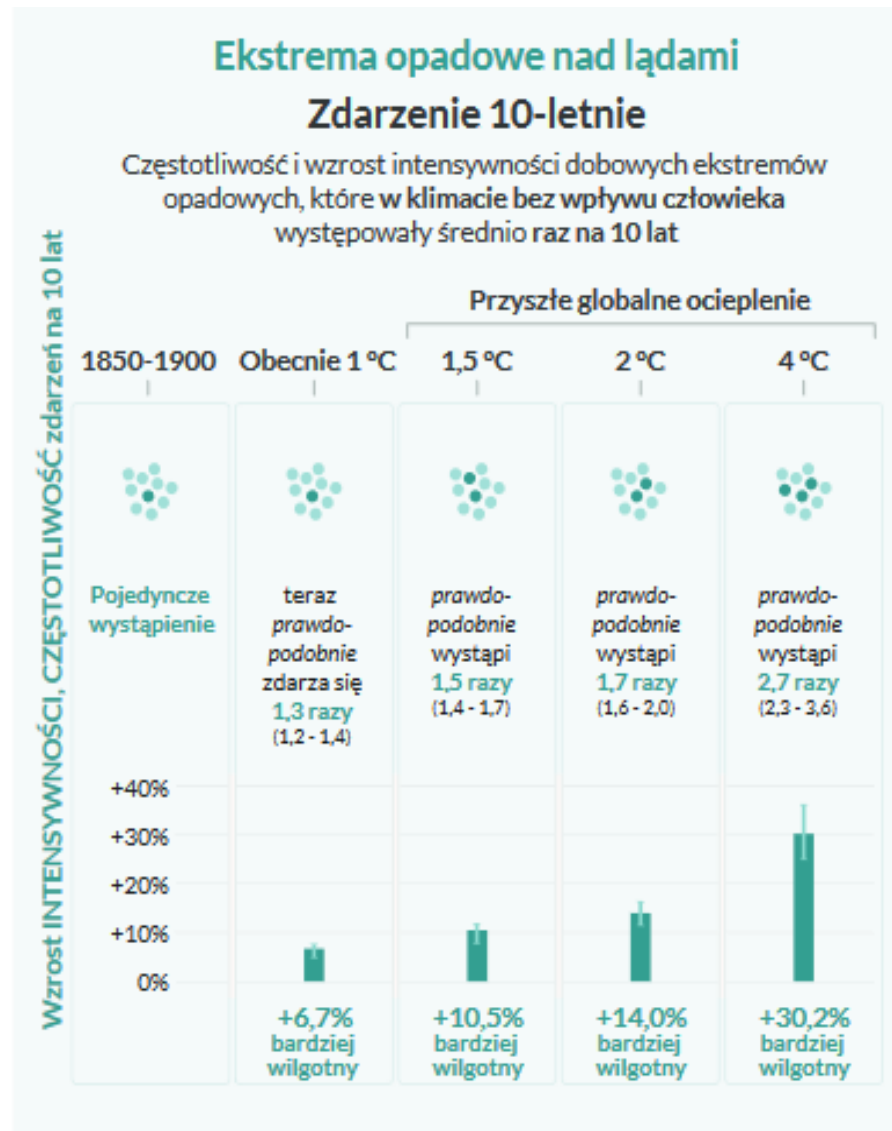


EKSTREMALNE ZJAWISKA POGODOWE



Skutkami globalnego ocieplenia są takie zmiany w środowisku, jak m.in.: topnienie lodowców, wydłużanie się okresu wegetacyjnego roślin i przesuwanie się stref wegetacyjnych na północ, stepowanie niektórych powierzchni oraz **zwiększenie częstotliwości i natężenia występowania zjawisk ekstremalnych (powodzie, susze, huragany, fale upałów).**

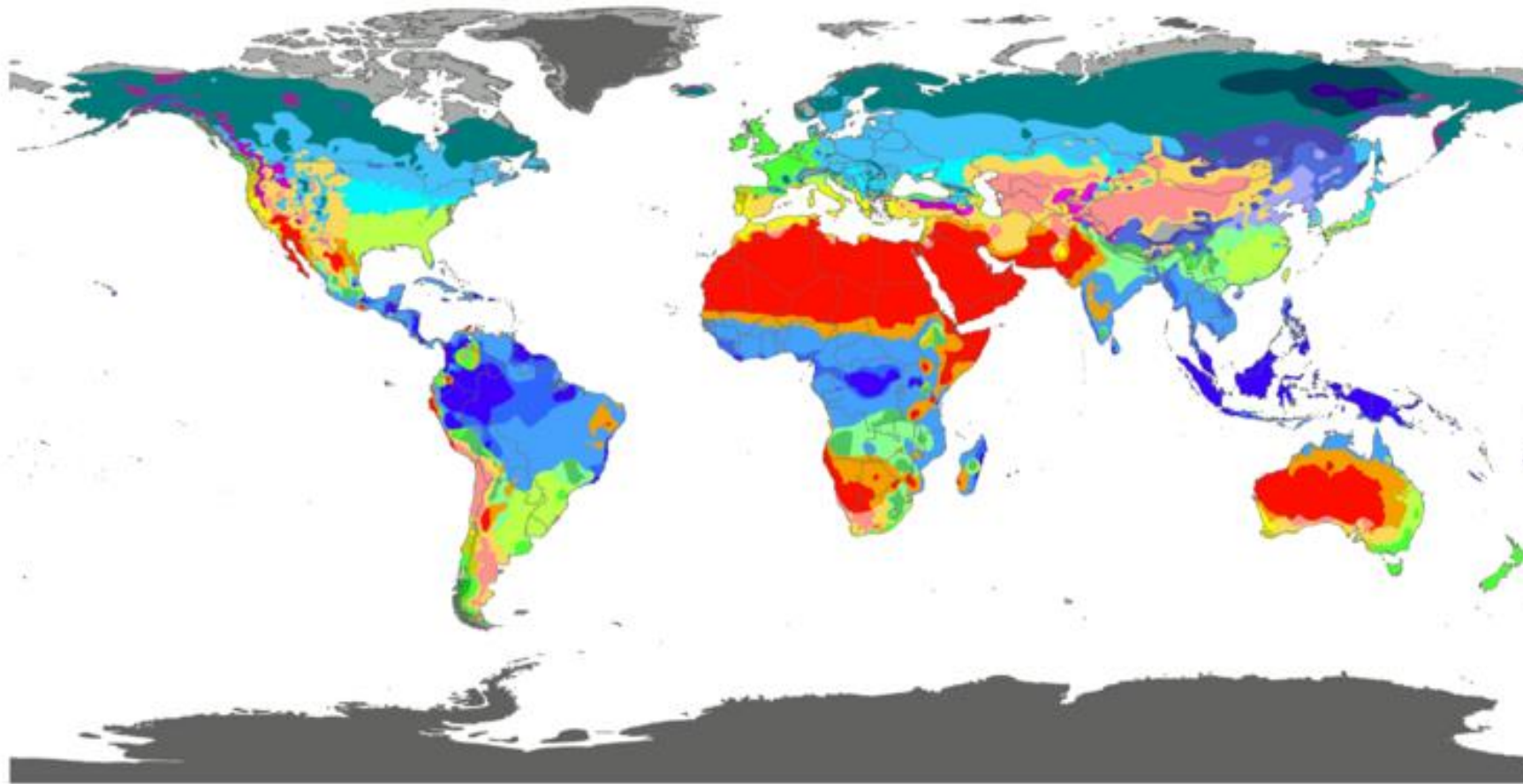
Konsekwencją gwałtownego globalnego ocieplenia jest także **pojawianie się na Ziemi nowych klimatów**, których wcześniej nie doświadczano ([Williams i in., 2007](#), [Lotterhos i in., 2021](#)).



Źródło: IPCC, 2021: Podsumowanie dla Decydentów. W: Zmiana Klimatu 2021: Fizyczne Podstawy Naukowe. Wkład I Grupy Roboczej do Szóstego Raportu Oceny Międzyrządowego Zespołu ds. Zmiany Klimatu. Tłumaczenie na j. polski: Zespół doradczy ds. kryzysu klimatycznego działa przy prezesie PAN

STREFY KLIMATYCZNE NA ŚWIECIE

World map of Köppen-Geiger climate classification



- A – klimaty tropikalne
- B – klimaty suche
- C – klimaty umiarkowane ciepłe
- D – klimaty kontynentalne / śnieżne
- E – klimaty polarne

Köppen-Geiger Climate Classification

Af	BWh	Csa	Cwa	Cfa	Dsa	Dwa	Dfa	ET
Am	BWk	Csb	Cwb	Cfb	Dsb	Dwb	Dfb	EF
Aw	BSh	Csc	Cwc	Cfc	Dsc	Dwc	Dfc	
	BSk				Dsd	Dwd	Dfd	

Main climates

A: equatorial
B: arid
C: warm temperate
D: snow
E: polar

Precipitation

W: desert
S: steppe
f: fully humid
s: summer dry
w: winter dry
m: monsoonal

Temperature

h: hot arid
k: cold arid
a: hot summer
b: warm summer
c: cool summer
d: extremely continental
F: polar frost
T: polar tundra



PRZESUNIĘCIA STREF KLIMATYCZNYCH

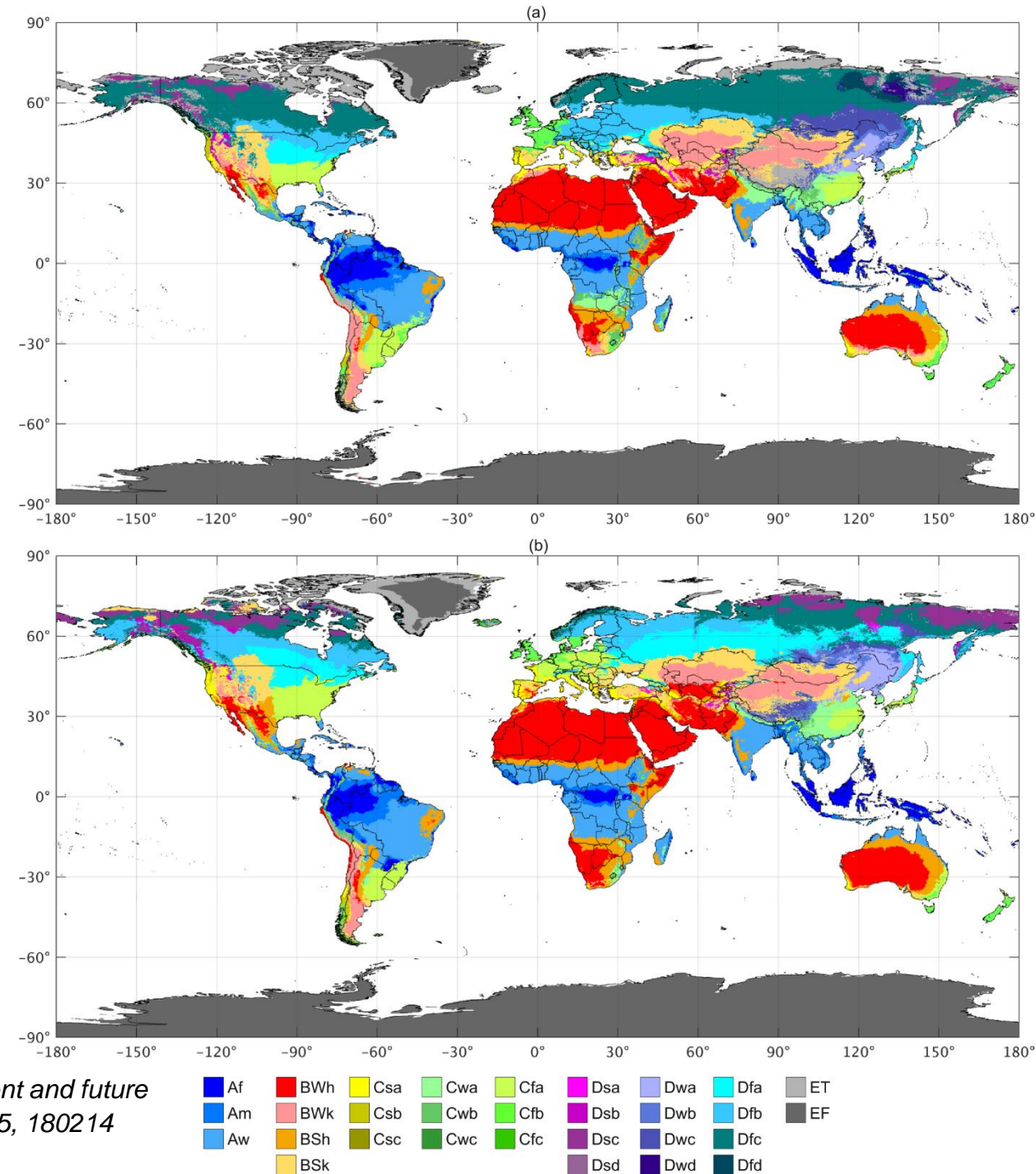
Przewidywane przesunięcia stref klimatycznych w XXI wieku są zróżnicowane, uwzględniając różne scenariusze IPCC. Największe przesunięcia między głównymi klasami klimatu równikowego (A), klimatu suchego (B), klimatu umiarkowanego ciepłego (C), klimatu kontynentalnego (D) oraz klimatu polarnego (E) na globalnych obszarach lądowych szacowane są na 2,6–3,4% (E do D), 2,2–4,7% (D do C), 1,3–2,0% (C do B) oraz 2,1–3,2% (C do A) (Rubel i Kottek, 2010).

Wyniki najnowszych analiz (Beck i in., 2023) z szóstego etapu projektu Coupled Model Intercomparison Project (CMIP6) wskazują, że w okresie od 1991–2020 do 2071–2099:

- 5% powierzchni lądów przejdzie do innej głównej klasy w ramach scenariusza niskiej emisji **SSP1-2.6**,
- 8% w ramach scenariusza o średniej emisji **SSP2-4.5**,
- 13% w ramach scenariusza wysokiej emisji **SSP5-8.5**.

Źródło mapy: Beck, H., Zimmermann, N., McVicar, T. et al. (2018) Present and future Köppen-Geiger climate classification maps at 1-km resolution. *Sci Data* 5, 180214

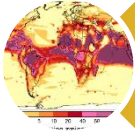
<https://doi.org/10.1038/sdata.2018.214>; amended in 2020



WPŁYW ZMIAN KLIMATU NA BIORÓŻNORODNOŚĆ



Przekształcenia i degradacja naturalnych siedlisk



Zaburzenia ekosystemów



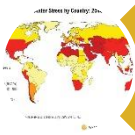
Przemieszczanie gatunków; zagrożenie gatunkami inwazyjnymi



Zagrożenia wynikające z ekstremalnych zjawisk pogodowych



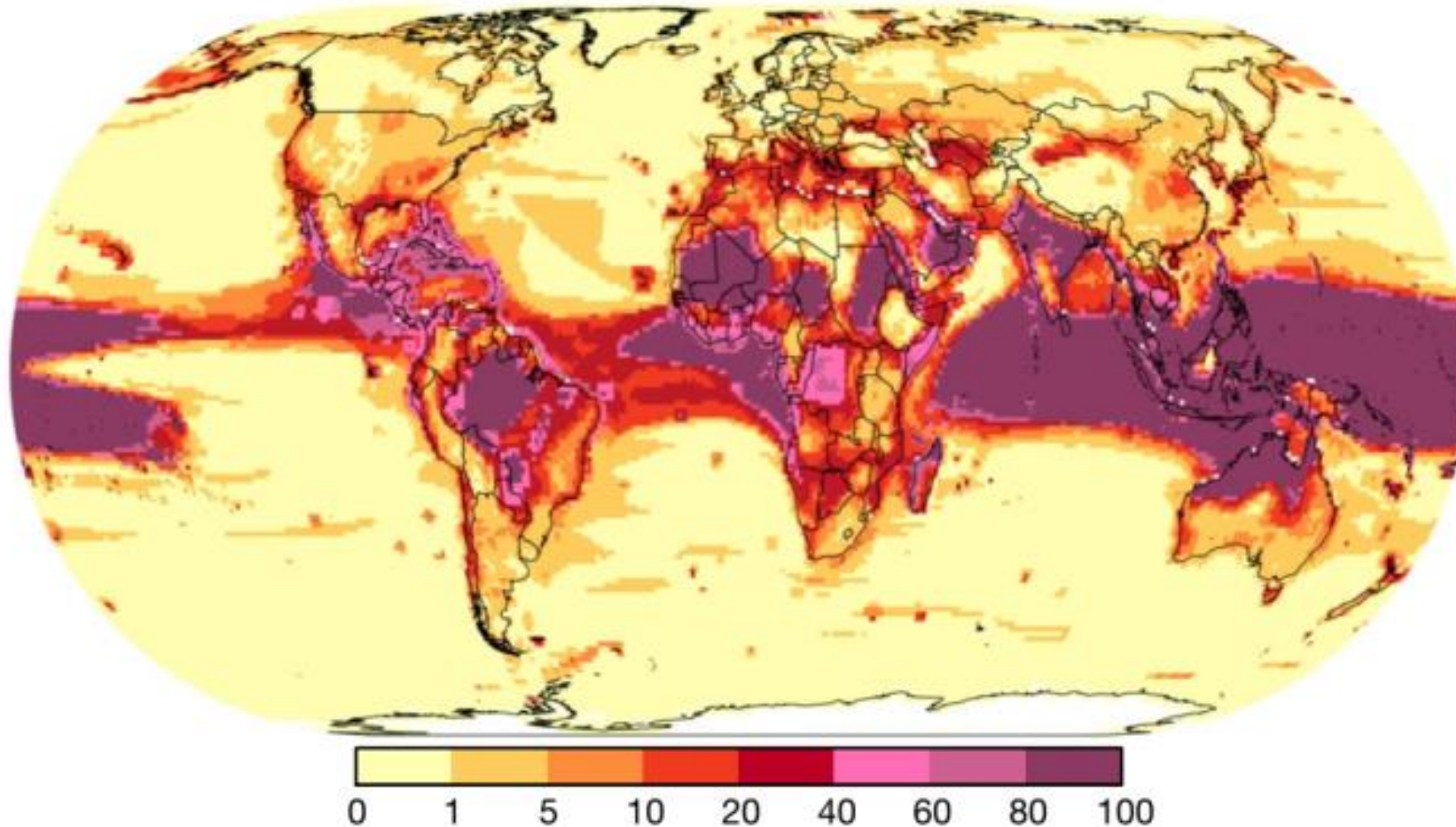
Zmiany w cyklach sezonowych



Zmiany w dostępności zasobów



ZMIANY BIORÓŻNORODNOŚCI



Zasięg zmiany bioróżnorodności (całkowity odsetek gatunków narażonych na lokalne wyginięcie z powodu wystąpienia warunków, w których te gatunki dotąd nie żyły) w poszczególnych częściach świata w roku 2100, w scenariuszu RCP8.5
źródło: Trisos, C.H., Merow, C. & Pigot, A.L. The projected timing of abrupt ecological disruption from climate change. *Nature* **580**, 496–501 (2020).
<https://doi.org/10.1038/s41586-020-2189-9>

REKULTYWACJA

Rekultywacja to proces polegający na przywracaniu wartości użytkowych i przyrodniczych terenom zniszczonym przez gospodarczą działalność człowieka lub czynniki naturalne.

Zgodnie z definicją stosowaną przez GUS, **rekultywacja gruntów** obejmuje nadanie lub przywrócenie gruntom zdegradowanym lub zdewastowanym wartości użytkowych lub przyrodniczych przez właściwe ukształtowanie rzeźby terenu, poprawienie właściwości fizycznych i chemicznych, uregulowanie stosunków wodnych, odtworzenie gleb, umocnienie skarp oraz odbudowanie lub zbudowanie niezbędnych dróg (ustawa z dnia 3 lutego 1995 r. o ochronie gruntów rolnych i leśnych, *Dz. U. z 2024 r. poz. 82*).

Rekultywacja gruntów **jest obowiązkiem osób fizycznych lub prawnych, których działalność doprowadziła do obniżenia ich wartości użytkowej.**



REKULTYWACJA

Proces rekultywacji terenów i gruntów przemysłowych z założenia powinien zostać przeprowadzony, gdy niemożliwe jest ich dalsze wykorzystywanie do prowadzenia działalności bądź w terminie do 4 lat od momentu zaprzestania działalności przemysłowej.

Kierunek rekultywacji

sposób docelowego zagospodarowania terenu wymagającego działań naprawczych.

Źródło: Ostręga A., Uberman R., 2010, Kierunki rekultywacji i zagospodarowania – sposób wyboru, klasyfikacja i przykłady, *Górnictwo i Geoinżynieria*, Rok 34, Zeszyt 4



Kierunki ogólne	Kierunki szczegółowe (funkcje), przykłady
Leśny	<ul style="list-style-type: none">Zalesienia o funkcjach: biotycznych, produkcyjnych i reprodukcyjnych (gospodarczych), ochronnychZadrzewienia o charakterze krajobrazowym, parkowym, rekreacyjnym
Rolny	<ul style="list-style-type: none">Uprawy, hodowla
Wodny	<ul style="list-style-type: none">Rekreacyjny: kąpieliska, sporty wodneGospodarczy: np. zbiorniki retencyjne, zbiorniki wody pitnej i wody przemysłowejRybackiPrzyrodniczy
Rekreacyjny	<ul style="list-style-type: none">Wypoczynkowo-turystyczny: np. plaże, obiekty sportowo-rekreacyjne, bazy noclegowe, bazy gastronomiczneSportowy: np. stoki narciarskie, trasy rowerowe, infrastruktura dla sportów tradycyjnych i ekstremalnychKulturalny: np. teatry i amfiteatry, sceny, ekspozycje, sale wystawowe i koncertowe, galerie
Kulturowy	<ul style="list-style-type: none">Kontemplacyjny: np. parki pamięci, miejsca pamięci, miejsca kultu religijnego
Dydaktyczny	<ul style="list-style-type: none">Ścieżki tematyczne (edukacyjne), muzea, w tym muzea przemysłu, skanseny, ekomuzea, archiwa dokumentacji związanych z historią przemysłu, ośrodki szkoleniowe, pomniki historii, parki kulturowe
Przyrodniczy	<ul style="list-style-type: none">Ochronny: np. rezerваты przyrody, użytki ekologiczne, obszary Natura 2000, pomniki przyrody, stanowiska dokumentacyjne, zespoły przyrodniczo-krajobrazowe, ochrona gatunkowa roślin, zwierząt i grzybówZadarnienie, zakrzewienie, zazielenienie
Gospodarczy	<ul style="list-style-type: none">Przemysłowy: np. parki przemysłoweUsługowy: np. inkubatory przedsiębiorczości, magazyny, sklepy, parkingiKomunalny:
Mieszkaniowy	<ul style="list-style-type: none">Budownictwo mieszkaniowe, socjalne, letniskowe

WPŁYW ZMIAN KLIMATU NA REKULTYWACJĘ

Zanalizowano oddziaływania zmian klimatu na możliwości rekultywacji terenów przemysłowych i pogórnicznych z uwzględnieniem czterech wybranych schematów rekultywacji:

- rekultywacja rolnicza,
- rekultywacja leśna,
- rekultywacja hydrologiczna (wodna),
- sukcesja naturalna (rekultywacja bliska naturze)

z dodatkowymi opcjami / schematami rekultywacji, w tym rekultywacja rekreacyjna, z potencjałem produkcji energii odnawialnej, produkcji przemysłowej lub mieszkaniowa.

Wykonano analizy porównawcze dla dwóch regionów w Polsce (Wielkopolska – Konin oraz GZW), północnej Macedonii w Grecji, północnej Francji,

RECOL
Ecological rehabilitation and long term monitoring of post mining areas

Task 3.3. IMPACT matrix

Scale of variability of the component to a given phenomenon (1) – no disruption in the functioning of a given component / no fatalities, no injuries, no financial losses, no broken facilities
Low variability of the component to a given phenomenon (2) – minimal disruptions in the functioning of a given component / no fatalities, single cases of injuries, minimal financial losses, minimal broken facilities
Average variability of the component to a given phenomenon (3) – significant disruptions in the functioning of a given component / no fatalities, a significant number of people harmed as a result of, for example, disruption of business activities, infrastructure and services, health problems, displacement from their homes, significant financial losses, significant broken facilities
High variability of the component to a given phenomenon (4) – preventing the functioning of a given component, occurrence of fatalities, a high number of people injured as a result of, for example, disruption of business activities, infrastructure and services, health problems, displacement from their homes, very high financial losses, very significant broken facilities

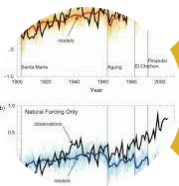
See evaluate the impact of the climate / weather factor on the elements of reclamation, that by the impact of the climate on the area.

Sectors & components		High temperatures, including heat waves (Metric: temperature, in type: hot spots)	Heatwaves, including heat (Metric: temperature, in type: hot spots)	Long, glass, clear & surface (Metric: wind speed, wind gusts)	Precipitation, especially torrential rain (Metric: intensity, frequency, season)	Heavy snowfall, blizzards and ice storms (Metric: intensity, frequency, season)	Dry periods (Metric: low precipitation)	Intense wind (Metric: intensity, frequency)	Thunderstorms and lightning (Metric: frequency, intensity)	Sea pressure change (Metric: relative sea level change)	Sea level rise (Metric: sea level rise)	Sea level fall (Metric: sea level fall)	Sea level rise (Metric: sea level rise)	Sea level fall (Metric: sea level fall)	Coastal erosion (Metric: erosion rate)	Landslide (Metric: frequency, intensity)	Mass movement (Metric: frequency, intensity)	Wildfire (Metric: frequency, intensity)
Occupational health and safety + public health (aspect of: recreational reclamation)	Outdoor workers	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
	Indoor workers	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	People > 65 years of age, using the recreational site	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Hydrological changes / Water management	Children < 5 years of age, using the recreational site	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
	Water table	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Land use + soil conditions for plants growth / agricultural reclamation	Soil fertility	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	Soil moisture	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	Soil acidity	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	Soil salinity	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Power engineering / Reclamation towards the use of renewable energy sources	Renewable energy production	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	Renewable energy production potential	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Habitat conditions	Terrestrial invertebrates	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Terrestrial vertebrates	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Thermal processes	Water accumulation in the landscape	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
	Soil carbon sequestration	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Ecosystem Status (health, stability and resilience)	Soil carbon sequestration	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
	Soil carbon sequestration potential	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Cultural heritage (Cultural & recreational reclamation)	Development cycle	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	Cultural objects (e.g. pre-industrial equipment)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

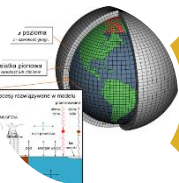
Flash flood - is a rapid flooding of low-lying areas, roads, rivers, dry lakes and depressions. Flash floods are distinguished from regular floods by having a timescale of fewer than six hours between rainfall and the onset of flooding
Flood or Flash Flood - Flooding is a longer term event than flash flooding; it may last days or weeks. Flash Flood is caused by heavy or excessive rainfall in a short period of time, generally less than 6 hours.
Surface albedo has long been recognized as a key climate variable, since it controls the energy balance of the planet (technically the amount of solar energy actually absorbed at the surface and made available to the atmosphere). Source: <https://www.copernicus.eu/en/node/5124>, <https://psu.wisc.edu/en/essential-climate-variables/table>



REKOMENDACJE



Planowanie działań rekultywacyjnych musi uwzględniać scenariusze zmian klimatu opracowane dla regionu klimatycznego, w którym działania te są prowadzone;



Zaleca się korzystanie z wypróbowanych i przetestowanych lokalnych modeli opracowanych dla scenariuszy zmian klimatu, a w przypadku ich braku, korzystanie z modeli opracowanych dla szerszych obszarów geograficznych;



Przewidywane zmiany czynników klimatycznych powinny być analizowane pod kątem ich potencjalnego wpływu na lokalne sektory gospodarki i zdrowie ludzi. Należy zidentyfikować lokalne typy ekosystemów, które zapewniają największą zdolność adaptacji analizowanego obszaru do zmian klimatu;



Aby wybrać optymalne scenariusze rekultywacji, konieczne jest przeprowadzenie analizy kosztów i korzyści różnych opcji użytkowania gruntów, w tym wyceny usług ekosystemowych;



Wybór wykorzystywanych gatunków musi uwzględniać ich zdolność do przystosowania się do zmian klimatu, a jednocześnie celem musi być maksymalne upodobnienie tworzonych ekosystemów do tych tworzonych w niezdegradowanych, naturalnych siedliskach (ekosystemach referencyjnych);





Dziękuję za uwagę

- **Osoby do kontaktu:**

dr Małgorzata Markowska (mmarkowska@gig.eu)

dr Łukasz Pierzchała (lpierzchala@gig.eu)

dr Adam Hamerla (ahamerla@gig.eu)

